

脚長差に伴う機能性側弯の特徴

名古屋大学大学院医学系研究科総合医学専攻 整形外科学

三島健一・鬼頭浩史・松下雅樹・門野泉
長田侃・西田佳弘・石黒直樹

要旨 脚長差に伴う機能性側弯は、短下肢側が凸、胸腰椎移行部とL5/S1が終椎の腰椎カーブとされている。機能性側弯の自験例の画像を評価し、その特徴を調べた。対象は検査時年齢5歳以上18歳未満かつ10 mm以上の脚長不等20例(男10例, 女10例, 検査時年齢平均10歳10か月, 検査時脚長差平均35 mm)である。全脊柱立位正面単純X線像から側弯カーブの形状を調べ、骨盤傾斜(Pelvic Obliquity, PO)角, 仙骨傾斜(Sacral Tilt, ST)角, L4傾斜(L4 tilt)角を計測した。典型的カーブのほかに、胸椎/胸腰椎カーブ, 上位終椎がL2/3/下位終椎がL5/S1以外のカーブ, 長下肢側が凸側のカーブといったさまざまな非典型カーブが存在した。非典型カーブの多くは、POとSTが平行ではなく交差し、L4 tiltは水平もしくは長下肢側に傾いていた。脚長差に伴う機能性側弯の形状は、単一ではなかった。非典型カーブの発生機序の一つとして、腸骨/仙骨/下位腰椎間の緩みが考えられた。

背景

脚長差に伴う機能性側弯は、一般に短下肢側が凸、胸腰椎移行部とL5/S1が終椎の腰椎単独カーブとされている⁵⁾。しかし、日常診療において、時にこうした典型例とは異なるカーブに遭遇することがある。本研究の目的は、機能性側弯の自験例の画像を評価し、その特徴を調べることである。

対象と方法

当院の医療用画像解析システム(PACS: Picture Archiving and Communication Systems)に、同日に撮像された全脊柱立位正面単純X線像と両下肢全長立位正面単純X線像が保存されている。検査時年齢5歳以上18歳未満かつ10 mm以上の脚長不等症例の中から、明らかな奇形椎や構築性側弯の合併例や下肢関節に拘縮を残す

骨軟部腫瘍切除後症例を除いた20例(男10例女10例, 検査時年齢平均10歳10か月[6歳3か月~17歳7か月], 検査時脚長差平均35 mm)を対象とした。原疾患の内訳は、片側肥大/萎縮症14例, 外傷性骨端線損傷3例, 腓骨列形成不全症1例, 大腿骨形成不全症1例, 限局性強皮症1例である。主な調査項目は、側弯カーブの形状(頂椎や上位/下位終椎の高位と弯曲の方向)と水平線を基準とした骨盤傾斜(Pelvic Obliquity, PO)角, 仙骨傾斜(Sacral Tilt, ST)角, L4傾斜(L4 tilt)角である。側弯カーブの形状は、SRS (Scoliosis Research Society)の定義に従い、頂椎の高位によって胸椎カーブ(頂椎がT2~T11/12), 胸腰椎カーブ(頂椎がT12~L1), 腰椎カーブ(頂椎がL1/2~L4)に分類した。PO角, ST角, L4 tilt角は、それぞれ左右の腸骨稜上縁を通る直線, 左右の仙骨上縁を通る直線, 第4腰椎椎体上縁を通

Key words : functional scoliosis(機能性側弯), leg length discrepancy(脚長不等), pelvic obliquity(骨盤傾斜), sacral slanting(仙骨傾斜), atypical scoliotic curve(非典型側弯カーブ)

連絡先 : 〒466-8560 愛知県名古屋市昭和区鶴舞町65 名古屋大学大学院医学系研究科総合医学専攻 整形外科学
三島健一 電話(052)741-2111

受付日 : 2018年1月30日

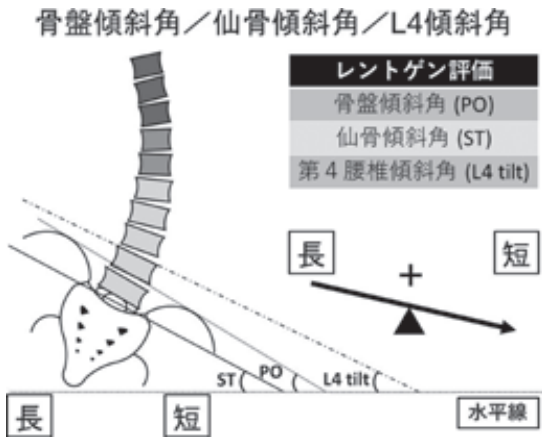


図1. 骨盤傾斜(Pelvic Obliquity, PO)角, 仙骨傾斜(Sacral Tilt, ST)角, L4 傾斜(L4 tilt)角の説明図
PO角, ST角, L4 tilt角は, それぞれ左右の腸骨稜上縁を通る直線, 左右の仙骨上縁を通る直線, 第4腰椎椎体上縁を通る直線と水平線の成す角度である。

る直線と水平線の成す角度であり³⁾⁶⁾, 短下肢側への傾きを正とした(図1)。

結果

表1にすべての症例の原疾患, 検査時年齢と脚長差, 側弯カーブの終椎/頂椎とCobb角, PO角, ST角, L4 tilt角, カーブの凸側(短下肢側または長下肢側), カーブの形状(胸椎, 胸腰椎, 腰椎), 跛行の有無や疼痛の部位をまとめた。

1. 側弯カーブの形状(図2)

11例の腰椎カーブ(図2-a)のほかに, 2例の胸椎カーブ(図2-b)と7例の胸腰椎カーブを認めた。胸腰椎カーブの症例には, 下位終椎がL3の症例(図2-c)が2例, 凸側が長下肢側の症例(図2d)が1例存在した。

2. PO/STと側弯カーブの形状との関係

全症例中15例は, POとSTが平行であった。POとSTが交差していたのは, 胸腰椎カーブの症例では, 下位終椎がL3の2例, 腰椎カーブの症例では, 上位終椎がL2の3例であった(表1)。

表1. 症例一覧

患者No.	原疾患	検査時年齢(年)	脚長差(mm)	上位終椎	下位終椎	終椎間のCobb角	PO角*(°)	ST角*(°)	L4 tilt角*(°)	カーブの凸側	カーブの形状	跛行	疼痛
1	大腿骨遠位骨端線損傷	13.3	32	T8	L5	17	+10	+10	+10	短	胸腰椎カーブ	+	-
2	片側萎縮症	12.1	34	T9	L5	16	+14	+14	+6	短	胸腰椎カーブ	+	-
3	片側肥大症	11.7	32	T7	L5	17	+14	+14	+11	短	胸腰椎カーブ	+	-
4	片側肥大症	9.6	22	T9	L5	10	+8	+8	+10	短	胸腰椎カーブ	+	-
5	片側肥大症	9.3	25	T8	L5	14	+6	+6	+5	短	胸腰椎カーブ	-	-
6	片側肥大症	11.0	22	T9	L5	9	+11	+11	+7	短	胸腰椎カーブ	+	-
7	片側肥大症	11.9	24	T8	L5	13	+10	+10	+8	短	胸腰椎カーブ	+	頭痛
8	片側肥大症	6.3	29	T11	L5	16	+16	+16	+7	短	胸腰椎カーブ	+	-
9	大腿骨遠位骨端線損傷	11.8	73	T12	L5	12	+10	+10	-2	短	胸腰椎カーブ	+	-
10	限局性強皮症	7.0	101	T11	L5	30	+14	+14	+4	短	胸腰椎カーブ	+	-
11	大腿骨短縮症	13.5	45	T12	L5	23	+13	+13	+12	短	胸腰椎カーブ	+	腰痛
12	片側萎縮症	6.7	53	T12	L5	26	+13	+13	+5	短	胸腰椎カーブ	+	-
13	片側肥大症	10.8	38	T11	L5	11	+5	+5	+5	短	胸腰椎カーブ	-	-
14	腓骨列形成不全症	6.3	27	L3	L5	7	+8	+8	0	短	腰椎カーブ	-	-
15	片側肥大症	8.3	35	L2	L5	17	+6	+8	-2	短	腰椎カーブ	-	長下肢側の下腿部痛
16	片側肥大症	16.9	17	L2	L5	8	+11	+9	+5	短	腰椎カーブ	+	短下肢側の足関節痛
17	片側肥大症	11.1	21	L2	L5	13	+5	+8	-5	短	腰椎カーブ	+	-
18	片側肥大症	10.8	32	T11	L5	6	+5	+5	-4	長	胸腰椎カーブ	-	-
19	脛骨遠位骨端線損傷	17.6	20	T9	L3	5	+5	+8	0	短	胸腰椎カーブ	-	-
20	片側肥大症	11.9	17	T9	L3	13	+4	+1	+5	短	胸腰椎カーブ	-	短下肢側の下腿部痛

PO : Pelvic Obliquity; ST : Sacral Tilt.

*短下肢側への傾きを正とした

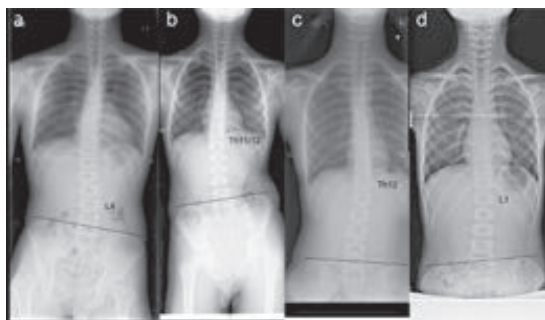


図2. 脚長差に伴う機能的側弯の代表的なレントゲン画像

- a: 腰椎カーブ. 頂椎はL4である.
 b: 胸椎カーブ. 頂椎はTh11/12である.
 c: 下位終椎がL5以外の胸腰椎カーブ. 頂椎はTh12, 下位終椎はL3である.
 d: 逆凸の胸腰椎カーブ. 頂椎はL1である.

3. L4 tilt と側弯カーブの形状との関係

全症例中14例は、L4 tiltは短下肢側に傾いていた。胸腰椎カーブの2例と腰椎カーブの4例は、L4 tiltが水平もしくは長下肢側に傾いていた(表1)。前者は、下位終椎がL3の1例と長下肢側が凸側の1例であり、後者の3例は、上位終椎がL2/3の症例であった。

4. 跛行とPO角や脚長差との関係(図3)

PO角の大きさは、跛行の有無で有意差を認めたが(図3-a: $P=0.000001$)、脚長差の大きさには、跛行の有無による有意差はなかった(図3-b)。また、PO角と脚長差の間には弱い相関が存在した(図3-c: $r=0.406$)。

5. 疼痛と側弯カーブの形状との関係

腰痛を訴える症例は、腰椎カーブの1例のみであった(表1)。

考 察

脚長差に伴う機能的側弯は、従来、代償性、非構築性、非進行性と考えられ、その形状は短下肢側が凸、上位と下位の終椎はそれぞれL1(1例はTh11)とL5/S1の腰椎単独カーブであったと報告されている⁴⁾。この典型的なカーブが生じるバイオメカニカルな背景には、骨盤/仙骨/下位腰椎間の強固な靭帯性結合がある²⁾。このため、脚長差によって生じる短下肢側への骨盤、仙骨、

L5の傾きは互いに平行となり、L4より頭側の可動性の大きな腰椎部分で骨盤傾斜が代償され、典型的な腰椎カーブが生じると考えられる。しかし、本研究から、機能的側弯には従来の典型的な腰椎カーブのほかに、胸椎カーブや胸腰椎カーブ、上位終椎がL2/3のカーブ、下位終椎がL5/S1以外のカーブ、長下肢側が凸側のカーブといったさまざまな非典型カーブが存在することが明らかとなった。

Cummingsらは、19~23歳の健常ボランティアの若年女性($N=10$)を対象に、ブロックで最大22 mmの脚長不等をシミュレーションし、寛骨の動きをモーションキャプチャーによって測定した¹⁾。その結果、寛骨は矢状面で前後に回旋し、その方向は短下肢側では前方、長下肢側では後方であったと報告している。さらに、その回旋の程度は短下肢側の方が大きかったと述べ、脚長差による仙腸靭帯の慢性損傷の可能性に言及している。Papaioannouらは、脚長不等患者の脚長差を補正して体幹の側屈角度の測定を行い、短下肢側への側屈が長下肢側への側屈よりも小さかったと報告している⁴⁾。このことは、側弯状態が長期間続くと、腸骨に付着する体幹の側屈筋群(腰方形筋や腰腸筋など)に筋拘縮が発生することを示唆していると思われる。以上から非典型側弯カーブが発生する機序を考察すると、脚長差による動揺歩行の繰り返しによって仙腸靭帯、続いて下位腰椎と腸骨を連結する腸腰靭帯の、特に短下肢側に緩みが発生し、その結果、下位腰椎が水平化もしくは長下肢側に傾くことが一つの要因として考えられた。さらに、脚長差による骨盤傾斜が長期間続くと、体幹側屈筋群の筋拘縮が発生すると推測され、このことも関わっていると思われる。そのほかに肩甲骨を水平に保とうとする姿勢反射の強弱によっても、側弯カーブの形状は変化し得ると考えられる。一方で本研究では、必ずしも腰椎カーブの症例において腰痛を示す患者が多いわけではなかったため、単純X線像では捉えきれない仙腸関節や椎間関節の先天的な形態の左右差が背景にある可能性も否定できない。

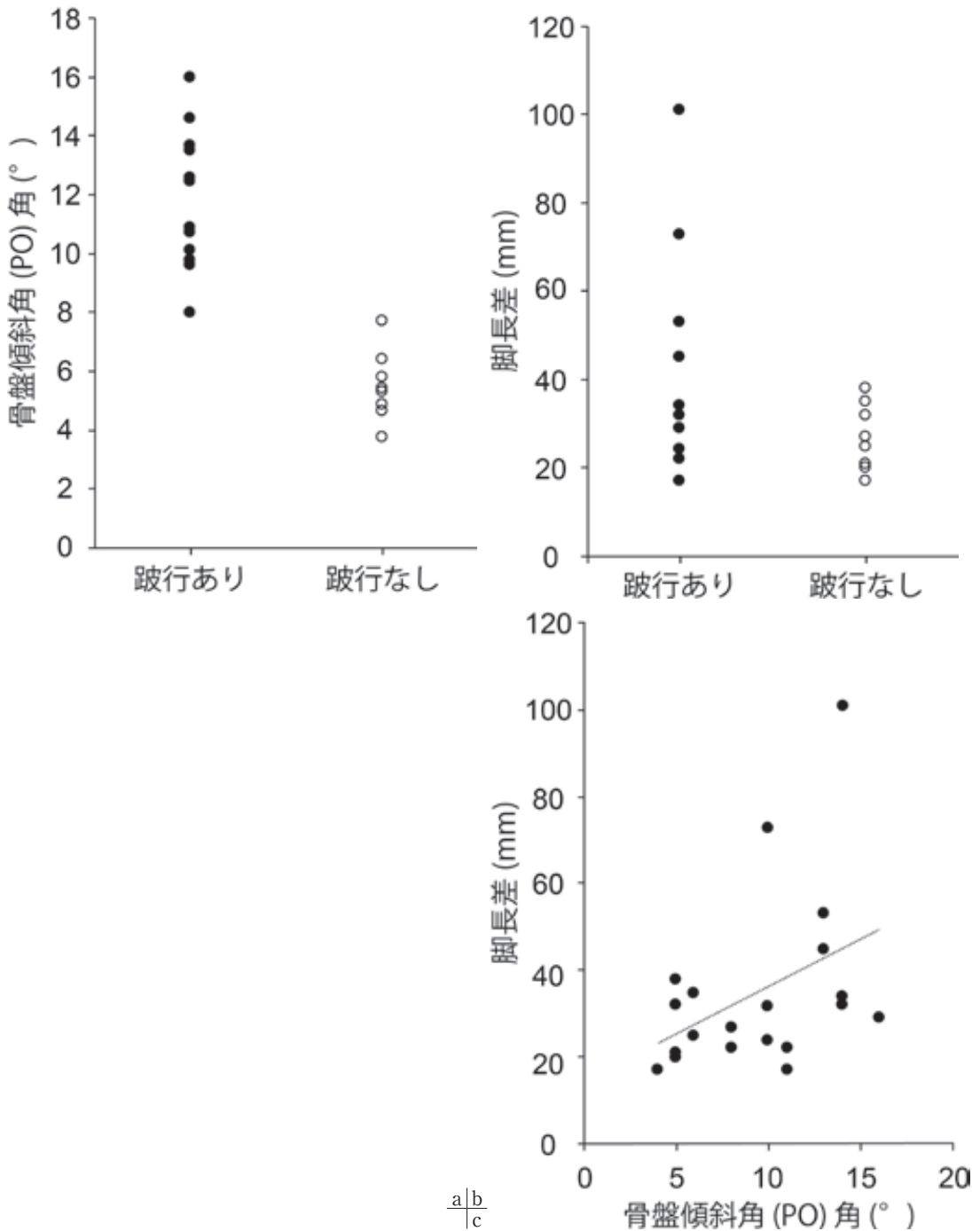


図3. 跛行とPO角や脚長差との関係

a: 全症例の跛行の有無別の骨盤傾斜(PO)角

b: 全症例の跛行の有無別の脚長差

c: 全症例の骨盤傾斜(PO)角と脚長差の散布図. 点線は線形近似直線である.

非典型側弯カーブ症例は, 典型例とは異なり, 脚長補正によって必ずしも側弯が解消されない可能性がある. そのため, 補正後も全脊柱立位正面

単純X線像による注意深い経過観察が必要と思われる. そして側弯状態が遺残するようであれば, 補高による一過性の過矯正や体幹の側屈スト

レッチが有効かもしれず、今後の検証が望まれる。

本研究の弱点として、①脚長不等症例の中で、機能性側弯の有無をレントゲン学的に評価した症例が少なかったため、調査対象が少なくなったこと、②全脊柱立位正面単純 X 線像の撮影肢位があらかじめ統一されていないため、短下肢側の尖足や長下肢側の膝屈曲によって、検査時に脚長差が補正されていた可能性があること、③脚長補正後の機能性側弯の変化を検討していないことなどが挙げられる。

結 論

- 1) 脚長差に伴う機能性側弯の形状は単一ではなかった。
- 2) 非典型側弯カーブが発生する一つの機序として、腸骨／仙骨／下位腰椎間の緩みが考えられた。

文献

- 1) Cummings G, Scholz JP, Barnes K : The effect of imposed leg length difference on pelvic bone symmetry. *Spine (Phila Pa 1976)* **18** : 368-373, 1993.
- 2) Egund N, Jurik AG : Anatomy and histology of the sacroiliac joints. *Semin Musculoskelet Radiol* **18** : 332-339, 2014.
- 3) Lee CS, Ha JK, Kim DG et al : The clinical importance of sacral slanting in patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing surgery. *Spine J* **15** : 834-840, 2015.
- 4) Papaioannou T, Stokes I, Kenwright J : Scoliosis associated with limb-length inequality. *J Bone Joint Surg Am* **64** : 59-62, 1982.
- 5) Raczkowski JW, Daniszewska B, Zolynski K : Functional scoliosis caused by leg length discrepancy. *Arch Med Sci* **6** : 393-398, 2010.
- 6) Radcliff KE, Orozco F, Molby N et al : Is pelvic obliquity related to degenerative scoliosis? *Orthop Surg* **5** : 171-176, 2013.