骨端線に及ぼす overload の影響に関する 実験的研究

九州大学整形外科

佐々木 賀一・杉 岡 洋 一

The Influence of the Overload to the Epiphyseal Growth An Experimental Study

by

Yoshiichi Sasaki and Yoichi Sugioka

Department of Orthopedic Surgery, Faculty of Medicine,
Kyushu University, Fukuoka

To investigate the influence of the overload to the epiphyseal growth, fifty-two rabbits, ten to fourteen days old, had the left ulnar diaphysis excised and for the radiological and histological studies of the radius were killed at variable time interval from the second to the 35th postoperative day. Following results were obtained. 1. Within 12 days tilt of radial epiphysis towards the palm and curvature of radius towards the ulna were produced. 2. Following 2 weeks, tilt, curvature, size of the epiphysis and length of radius decreased, probably due to the synostosis of ulna. 3. At histological study ulnar side of epiphyseal plate showed short proliferative cell column and the hypertrophic cell grouped into the clusters or augmentation of the height of the base of the columnar layer. Radial side demonstrated few changes or a fissure passing within the enchondral ossification at which epiphyseal side showed augmentation of the columnar layer.

はじめに

最近脛骨の難治性欠損偽関節などに対して血管柄付遊離腓骨移植が行なわれ優れた成績が報告されてきているが、成長期特に10歳以下の小児において健側の下腿から腓骨が採取された場合に、健側の足関節の外反変形を生じる例が見られることが問題となっている²⁾。しかしこの腓骨採取後の足関節外反の機序や骨成長に及ぼす影響などに関しては十分に解明されていない。今回の問題について Tchantz の方法³⁾に準じて実験的に検討したのでその結果について報告する。

実験方法 (図1)

生後10日から14日、体重200-350gの幼若家兎52羽の前肢を paired bones のモデルとして使用した。局所麻酔下に左尺骨骨幹部の一部を骨膜を含めて切除しその後親の元に帰してケージ内で自由に運動させ、経時

的に屠殺して軟X線にて2方向撮影を行なった後脱灰 H.E. 染色を行なって橈骨遠位骨端線を組織学的に観察した。

結 果

処置後4週目には40%は尺骨の遠位部は橈骨と synostosis を形成し、60%は切除部が再癒合した (図2)。この傾向は2週頃から認められたので12日以内と14日以後に分けて検討した。X線計測方法としては橈骨近位骨端線を基準線として遠位骨端線の傾斜度、橈骨の彎曲度などを測定し、右側をコントロールとして比較した (T検定)。橈骨遠位骨端線の尺側への傾斜は12日以内ではコントロールより増強する傾向を示すも有意差は認めなかったが14日以後ではコントロールより減少した。掌側方向への傾斜は12日以内ではコントロールより増加したが14日以後では減少した。橈骨関節面の傾斜は12日以内では増加傾向を示すも有意差はなく、

図1 左尺骨骨幹部を骨膜を含めて切除し、右側をコントロールとした。

図2 尺骨骨幹部切除後の変化
4週目には40%はsynostosis形成、60%は切除部が再癒合する。

α 角

12日以内

切除群 > control	10
=	3
<	6
計	19

有意差なし

14日以後

切除群 > control	10
=	5
<	18
計	33

切除群 < control
($P < 0.05$)

β 角

12日以内

切除群 > control	11
=	2
<	2
計	15

切除群 > control
($P < 0.05$)

14日以後

切除群 > control	7
=	0
<	20
計	27

切除群 < control
($P < 0.05$)

γ 角

12日以内

切除群 > control	10
=	2
<	7
計	19

有意差なし

14日以後

切除群 > control	8
=	2
<	23
計	33

切除群 < control
($P < 0.01$)

表1-a 橈骨骨端線の傾斜度

表1-b 橈骨関節面の傾斜度

図3 5日目。尺側端，橈側端に，柱状細胞層の増大，骨化障害を認める。

図4 10日目。橈側端のenchondral ossification部に亀裂，出血があり，その骨端核側は柱状細胞層の過形成がある。

a			b		
7日以内			12日以内		
切除群 > control	7		切除群 > control	7	
<	2		=	1	
	計 9		<	8	
切除群 > control ($P < 0.05$)			有意差なし		
14日以後			14日以後		
切除群 > control	10		切除群 > control	7	
=	3		=	1	
<	20		<	17	
	計33			計25	
切除群 < control ($P < 0.05$)			切除群 < control ($P < 0.01$)		

表2 橈骨の彎曲度

14日以後では減少した(表1)。橈骨の尺側への彎曲は7日以内では増大したが14日以後では尺側掌側共に減少した(表2)。橈骨骨幹部の横径は14日以後では増加($P < 0.005$)し，長径は12日以内では増加($P < 0.05$)したが14日以後では有意差はなかった。橈骨骨端核の径は14日以後では減少($P < 0.005$)していた。橈骨遠位骨端線は組織学的に著明な変化を認めた例は少なかったが尺側端において柱状細胞層の厚さの減少，細胞の重合，扁平化などを認めたものが多かった。中には尺側端，橈側端の両側にhypertrophic layerの厚さの増大，骨化の障害を認めたもの(図3)や，橈側端のenchondral ossification部に出血を伴う亀裂を生じ，そのepiphysis側にhypertrophic layerの過形成と骨化障害を認める例があった(図4)。

考 案

overload によって生じる骨端線の変化についてはTchantz (1977)³⁾，Peinado (1979)¹⁾らの実験がある。Tchantzは大腿骨頭すべり症の研究のため小犬の橈骨骨幹部を切除して尺骨遠位骨端線の変化を観察し，

overloadによって成長軟骨部に fissure が生じて骨端線が傾斜すること, fissure の epiphysis 側は柱状細胞の過形成と骨化障害を認め, metaphysis 側は壊死を生じたあと吸収され, 結合組織で置換されて metaphysis 側の血管と柱状細胞が接すると再び骨化が始まること, 橈骨が再癒合すると変形は矯正されることなどを報告している³⁾。Peinado は家兎の尺骨遠位骨端線を切除して橈骨骨端線の変化を観察し, 橈側端には chondrogenesis の増大と osteogenesis の減少, 尺側端には chondrogenesis の減少と osteogenesis の増大を認め, 橈側端の弱くなった chondrogenesis 部に crack が生じて骨端線は傾斜を強めることを述べている¹⁾。paired bones はお互い干渉し合ってバランスを保ちつつ骨成長が起こるが, 一方の骨幹部を切除すると残された骨の骨端線の切除骨側には荷重と成長に伴い骨間膜を介して圧迫力が, 別の端には側副靱帯を介して牽引力が作用する。圧迫が軽度であると柱状細胞の重合, 扁平化など厚さの減少が生じ, 圧迫が強まると Müller も指摘し, 我々も観察したように柱状細胞層の過形成, 骨化障害が生じて成長が抑制され, 一方牽引が作用した側では牽引力が強まると成長軟骨細胞層に過形成が生じその脆弱部に亀裂が入って骨端線に傾斜を生じると言えよう。家兎の骨幹部切除実験で Tchantz のような顕著な結果が得られなかった理由としては種による違いがあるかも知れないが家兎では早期に骨癒合か synostosis が生じて橈骨への overload が解除される為と思われる。2 週以後になって尺骨が固定されてくると変形の矯正が起こり逆に正常よりも傾斜や彎曲の減少が生じたが, これは固定した尺骨によって橈骨の尺側への成長が障害されることによると推測される。その詳しい機序に関しては今後検討が必要であると思われる。長軸長に差は見られなかったが彎曲が減じて

いることを考えると長軸方向の成長の障害があると考えられるべきであろう。今回の実験で2週以後に見られた橈骨末端骨端核の發育障害, 成長に伴う生理的彎曲の減少などは, 腓骨採取後の足関節外反変形予防の方法として行なわれている Langenskiold-玉井法のような synostosis 法は将来足関節の發育障害, 脛骨の生理的彎曲の減少などを生じる可能性を示唆しており今後注意する必要がある。

ま と め

1. 幼若家兎前肢を用いて, 尺骨骨幹部切除後の橈骨の変化について観察した。
2. 処置後2週以内では橈骨骨端線は掌側へ傾斜を強め ($P < 0.05$), また尺側への傾斜傾向を示した。また尺側への彎曲が増強した ($P < 0.05$)。
3. 2 週以後では骨端線の傾斜, 彎曲は control より減少した。これは切除部の再癒合, 橈尺骨間の synostosis 形成の結果であると考えられた。
4. 組織学的には橈骨骨端線には著明な変化は見られなかったが, 一部には尺側端と橈側端に骨化障害を認めた。今回の実験においては初期の橈骨の変化は橈骨骨端線尺側の圧迫による成長障害 (骨化抑制, 骨化障害) が原因であると考えられた。

参 考 文 献

- 1) Peinado A. Distal Radial Epiphyseal Displacement after Impaired Distal Ulnar Growth. J. Bone and Joint Surg. 61-A : 88-92, 1979.
- 2) 玉井 進他, 小児における腓骨採取後の足関節外反変形. 中部整災誌 27 : 1949-1951, 1984.
- 3) Tschantz P., et al., Epiphyseal Tilt Produced by Experimental Overload. Clin. Orthop. 123 : 271-279, 1977.