

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23593019

研究課題名(和文) 骨延長術により上顎側方偏位を改善する際の牽引力の解析

研究課題名(英文) Analysis of traction force in distraction osteogenesis for the correction of midfacial lateral deviation

研究代表者

馬場 祥行 (BABA, Yoshiyuki)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：70251535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：創外固定装置のREDシステムに小型張力センサを組み込み、上顎の側方偏位改善を行う症例における牽引力のモニタリングを目的とした。本研究期間中にセンサの長径を23 mmから19 mmにまで小型化した。口唇口蓋裂6症例の上顎骨延長術をモニタリングした結果、上顎骨の平均前方移動量は 8.6 ± 2.1 mm、左右の平均牽引力の最大値は 18.4 ± 5.5 Nであり、上顎骨の変化量と牽引力には有意な正の相関を認めた。上顎の側方偏位を示す口唇口蓋裂症例において、3方向の牽引ワイヤーを用いて咬合を改善することが可能であった。力と大きさの異なる差動牽引力の適用が骨の前後方向のみならず側方偏位の改善にも有効であった。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to measure the traction force during distraction osteogenesis in patients showing lateral deviation of the maxilla using a RED system. For the study period, a micro tension gauge was customized and minimized to a length of 19 mm. Tension of traction wires were measured in 6 cleft lip/palate patients treated using maxillary distraction osteogenesis. The mean distance of maxillary advancement was 8.6 mm, while the maximum traction force, which was calculated by averaging the tension of the right and left side, was found to be 18.5 N. A statistically significant positive correlation was observed between the amount of maxillary advancement and traction force.

In a patient with a cleft lip and palate showing lateral maxillary deviation, acceptable occlusion was obtained using the RED system with three traction wires. Application of differential forces was effective for correction of the anteroposterior as well as lateral displacement of the maxilla.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学 矯正・小児系歯学

キーワード：骨延長術 牽引力 張力センサ 上顎骨 側方偏位

1. 研究開始当初の背景

近年、顎顔面領域における著しい劣成長に骨延長法が適用されている。当分野においては、口唇口蓋裂をはじめとする種々の先天性疾患に認められる上顎骨の劣成長に対して、既に 80 症例以上に上顎骨延長術を施行している。このうち、創外固定型の骨延長装置である RED システム (Rigid external distraction system) を用いた骨延長法の至適化を目標として、当分野では、(1) 延長装置の活性化中および活性化終了後から延長器撤去までの上顎骨の移動様相に関する側面頭部 X 線規格写真を用いた検討、(2) CT を用いた骨延長部の骨化に関する検討、(3) 骨化の評価に際して X 線被曝を最小限とする目的で、CT の代替としての超音波画像診断の試行、(4) 延長効率向上のための牽引装置の強化、(5) 術後の後戻りの検討等、様々な観点に基づき総合的に検討を行っている。

長管骨の骨延長術に関しては、臨床研究および実験動物を用いた基礎研究より、数 Kg から数 10Kg の力がかかることが確認されているが、顎顔面領域における骨延長術に関するこの種の報告は少ない。また、骨延長術における延長装置の至適活性化量は、長管骨では 1 日 1 mm とされている。これを踏襲して頭蓋顎顔面領域の骨延長術に用いる RED システムにもこの術式が適用されているが、明確な根拠はない。一方、延長中には RED システムの装置が変形して延長効果をロスするために、活性化量に対してどの程度の延長効率で上顎の前方移動がなされているかの確認は側面頭部 X 線規格写真による評価に頼らざるを得ないのが現状である。しかしながら被曝量の観点からは、頻繁な撮影は望ましくない。そこで、活性化を行った時点から次の活性化を行う時点までの、牽引ワイヤーの張力の減少を計測することが可能となれば、両計測時点間でどれだけ上顎が前方移動したかの指標のひとつとなり得ると考えた。

研究代表者らは平成 20-22 年度にかけて、「張力センサを用いた骨延長術時の牽引力の解析」の課題にて科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号 20592388) を得て、以下の成果を得ている。RED システムの牽引ワイヤーに超小型張力センサを組み込むことにより、上顎骨にかかる牽引力の大きさを経時的および経日的に計測し、上顎骨延長術のモニタリングを試みた。口唇・口蓋裂患者 7 症例 (男性 3 名、女性 4 名、平均年齢 21.4 ± 5.4 歳) を用い、朝夕の装置アクチベート時に張力センサをインタフェイスに接続し、パーソナルコンピュータにて出力表示および記録することにより張力を測定した。計測の結果、張力は経日的に増加し、延長日数と牽引力の間には、正の相関を認められた ($p < 0.05$)。また、最も大きな張力を示した症例では、延長終了時に 54 N の力が上顎にかかっていることが確認された。このように、臨床例において経時的な張力測定が可能であり、上顎の前方牽

引中にどのような力が作用しているかを確認するに至った。

しかしながら、骨延長術の適応となるような重度の上顎劣成長を呈する症例においては、上顎の前方移動のみならず側方移動も要するものが多いので、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

上顎の著しい形態異常を呈する先天性疾患の症例においては、上顎の前後的な劣成長のみならず側方への偏位を示すものも少なくない。本研究においては、創外型骨延長装置である RED システムに超小型張力センサを組み込むことにより、上顎を前方および側方に牽引する際の牽引力、すなわち上顎骨にかかる力の大きさを経時的および経日的に計測し、RED システムによる上顎骨延長術のモニタリングを図ることに着目した。骨延長術による上顎の三次元的な移動を行う症例において、牽引力の分布を解析することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 張力センサ (TL6-5S、SSK 社製) の長径を市販の 40mm から可及的に縮小するよう設計し (前研究期間内に 23mm まで小型化した)、口腔に近接して使用のための耐水性および接続コードの補強に関して確認する。RED system のスピンドルユニット (牽引用スクリューにより装置を活性化する部分) に、張力センサを連結し、スクリューの活性化によりセンサに張力がかかるよう設定する。センサからインタフェイスを介し、パーソナルコンピュータにて出力表示する。RED システムによる上顎牽引方向の設定を行う。

(2) 東京医科歯科大学歯学部附属病院において、上顎骨の前方移動を目的として RED システムによる Le Fort I 型上顎骨延長法を適応した口唇口蓋裂患者 6 名 (男性 2 名、女性 4 名、手術時平均年齢 17.7 歳) を対象とし、延長装置に張力センサ (TL6-5S、SSK 社製) を組み込み、経時的および経日的に延長装置にかかる牽引力の測定を行った。上顎骨の変化量として、術前・骨延長中・骨延長終了時の側面頭部 X 線規格写真を用いて SN 平面上の S 点にて重ね合わせを行い、FH 平面上に投影した ANS の移動距離 (horizontal および vertical : mm) と、ANS の移動距離の実長 (linear : mm) を評価した。また、左右の平均牽引力 ($x : N$) と、上顎骨の変化量 ($y : mm$) から $y = ax$ の回帰直線を求め、回帰係数 (a) を延長効率として検討した。

(3) 初診時年齢 26 歳の左側口唇口蓋裂の女性に対して反対咬合および正中の改善のため、32 歳時に RED システムによる上顎骨延長法を適用した。術前後の咬合・顎態変化および骨延長時の牽引力について評価した。

4. 研究成果

(1) 張力センサの長径を 19 mm にまで縮小した。このセンサを用いて臨床使用および計測が可能であった。

(2) 骨延長前後の上顎骨の変化量は各々、 8.6 ± 2.1 mm (horizontal)、 11.2 ± 2.7 mm (linear) であり、各症例の平均牽引力の最大値は 18.4 ± 5.5 N であった。骨延長中の上顎骨の変化量と牽引力は、全症例において有意な正の相関を認め (表 1)、延長効率の平均値は horizontal が 0.62、vertical が 0.40、linear が 0.76 であった。延長効率と上顎骨の変化量・年齢・性別・裂型に明らかな関連性を認めなかった。今後、歯列の負担を軽減させるために延長法を改善するとともに、延長効率に影響を与える因子についてもさらに検討することが求められる。

| 症例 | y=ax | | | p 値 | | |
|----|------------|----------|---------|------------|----------|--------|
| | horizontal | vertical | linear | horizontal | vertical | linear |
| 1 | y=0.63x | y=0.28x | y=0.69x | ** | ** | ** |
| 2 | y=0.37x | y=0.46x | y=0.59x | * | * | * |
| 3 | y=0.61x | y=0.42x | y=0.74x | ** | * | ** |
| 4 | y=0.81x | y=0.31x | y=0.87x | * | * | ** |
| 5 | y=0.51x | y=0.50x | y=0.73x | * | * | ** |
| 6 | y=0.81x | y=0.43x | y=0.92x | * | * | * |

x:左右の平均牽引力, y:上顎骨変化量, a:延長効率, *:p <0.05, **:p <0.01

表 1 牽引力と上顎変化量

(3) 術直前の咬合は前歯水平被蓋 -5.0 mm、前歯垂直被蓋 +4.0 mm、SNA 81.9°、SNB 82.8°、上顎正中の左方偏位 6.0 mm であった。3 方向の牽引ワイヤーにより上顎の移動を行い (図 1)、併せて延長中の牽引力を小型張力センサにより測定した。

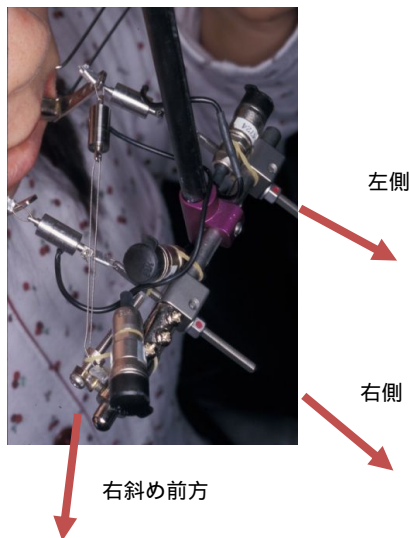


図 1 3 方向の牽引ワイヤーによる上顎骨の移動

Le Fort I 型骨切り術後、右側 1 mm/日、左側 2 mm/日の割合で牽引した。牽引開始か

ら 7 日後、目標とする前方移動がほぼ達成されたため、正中偏位の改善のために、両側の牽引ワイヤーに加え、左側の牽引用フックから右斜め前方へ牽引するワイヤーを追加した。延長開始から halo (頭蓋固定装置) 撤去までの 26 日間における 3 本のワイヤーの最大牽引力は、右側 6.2 N、左側 17.7 N、右斜め前方 9.0 N であった。さらに halo 撤去時では右側 2.1 N、左側 2.8 N、右斜め前方 3.0 N であった。

骨延長法適用前後の上顎骨の前方移動量は、右側 10 mm、左側 2 mm で、上下顎前歯正中は一致し、同時に適切な被蓋を獲得した。延長終了後の咬合は安定している。力の大きさと方向のそれぞれ異なる差動牽引力の適用は、前後方向のみならず側方偏位の改善に有効であった。また、halo 撤去時の牽引力の測定は、延長術の後戻り防止のための顎外力の決定にも有用であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

Honda A, Baba Y, Ogawa T, Suzuki S, Moriyama K. Long-term maxillo-mandibular changes after maxillary distraction osteogenesis in growing children with cleft lip and palate. Cleft Palate Craniofac J 50:168-173, 2013. 査読有 .doi: 10.1597/11-177.

Okamura E, Suda N, Baba Y, Fukuoka H, Ogawa T, Ohkuma M, Ahiko N, Yasue A, Tengan T, Shiga M, Tsujii M, Moriyama K. Dental and maxillofacial characteristics in six Japanese individuals with ectrodactyly-ectodermal dysplasia-clefting (EEC) syndrome. Cleft Palate Craniofac J 50:192-200, 2013. 査読有 .doi: 10.1597/11-123.

Kawafuji A, Suda N, Suzuki T, Ichikawa N, Kakara S, Baba Y, Ogawa T, Tsujii M, Moriyama K. Systemic and maxillofacial characteristics of individuals affected by Beckwith-Wiedemann syndrome who have not received a glossectomy. Am J Orthod Dentofacial Orthop 139:517-25, 2011. 査読有 .doi: 10.1016/j.ajodo.2009.07.021.

[学会発表](計 23 件)

辻 美千子, 馬場祥行, 片岡恵一, 鈴木聖二, 森山啓司: 創外型固定装置を用いた骨延長法により著しい上顎の劣成長と正中偏位を改善した口唇口蓋裂症例の長期予後. 第 72 回日本矯正歯科学会, キッセイ文化ホール・松本市総合体育館 (松本) 2013 年 10 月 9 日.

阿彦 希, 馬場祥行, 辻 美千子, 佐藤麻緒, 堀川玲子, 金田一 純子, 森山啓司: 混合歯列期における Turner 症候群の顎顔面形態および口腔内の特徴に関する検討. 第 72 回日本矯正歯科学会, キッセイ文化ホール・松本市総合体育館 (松本) 2013 年 10 月 9 日.

長岡亮介, 烏飼勝行, 長西裕樹, 木島 毅, 馬場祥行, 辻 美千子, 大村 進, 森山啓司: 上下顎骨切術と梨状孔縁骨切骨延長術の併用により中顔面低形成の改善を行ったラルセン症候群の 1 例. 第 53 回日本先天異常学会, 千里ライフサイエンスセンター (大阪) 2013 年 7 月 21 日. 澤田紘美, 小川卓也, 片岡恵一, 阿彦 希, 小林起穂, 馬場祥行, 森山啓司: 口唇口蓋裂患者における創外型延長装置による上顎骨延長時の牽引力に関する検討. 第 37 回日本口蓋裂学会, 佐賀市文化会館 (佐賀) 2013 年 5 月 31 日.

Ahiko N, Baba Y, Sato M, Kanazawa H, Momotoshi S, Tsuji M, Suzuki S, Kaneko T, Kindaichi J, Moriyama K: Investigation of maxillofacial morphology and dental development in hemifacial microsomia. 12th International Congress on Cleft Lip/Palate and Related Craniofacial Anomalies, Hilton Orlando Lake Buena Vista (Orlando, USA), May 5, 2013. Tsuji M, Baba Y, Torikai K, Moriyama K: A case of Larsen syndrome treated using combined orthodontic-surgical treatment for improving midfacial hypoplasia and macrognathia. 12th International Congress on Cleft Lip/Palate and Related Craniofacial Anomalies, Hilton Orlando Lake Buena Vista (Orlando, USA), May 5, 2013.

長岡亮介, 烏飼勝行, 長西裕樹, 木島 毅, 馬場祥行, 辻 美千子, 大村 進, 森山啓司: 梨状孔縁骨切骨延長術により中顔面の低成長の改善を行ったラルセン症候群の 1 例. 第 30 回日本頭蓋顎顔面外科学会, 千里ライフサイエンスセンター (大阪) 2012 年 11 月 2 日.

阿彦 希, 馬場祥行, 佐藤麻緒, 金沢英恵, 志賀百年, 辻美千子, 小川卓也, 鈴木聖一, 金田一 純子, 森山啓司: Hemifacial microsomia の顎顔面形態および歯の形成・発育に関する検討. 第 71 回日本矯正歯科学会, 盛岡市民文化ホール・盛岡地域交流センター・アイーナ・アイスアリーナ (盛岡) 2012 年 9 月 27 日.

Kataoka K, Ogawa T, Baba Y, Higashihori N, Suzuki S, Moriyama K: Ultrasonographic monitoring for bonny healing after maxillary distraction osteogenesis in an adult cleft lip and palate case. 9th European

Craniofacial Congress, Salzburg Exhibition Centre (Salzburg, Austria), September 15, 2011.

片岡圭一, 小川卓也, 馬場祥行, 東堀紀尚, 鈴木聖一, 森山啓司: 上顎骨延長法適用後に超音波画像を用い延長部硬組織の治癒過程を経時的に観察した口唇口蓋裂の一症例. 第 35 回日本口蓋裂学会, 朱鷺メッセ (新潟) 2011 年 5 月 26 日.

〔図書〕(計 2 件)

Baba Y: Pfeiffer syndrome. In: Atlas of orthodontic treatment for patients with birth defects, eds Kuroda T, Ohyama K, Motohashi N, Moriyama K, Needham Press, Inc., Ann Arbor, 2012, p84-88.

Baba Y: Wildervanck syndrome. In: Atlas of orthodontic treatment for patients with birth defects, eds Kuroda T, Ohyama K, Motohashi N, Moriyama K, Needham Press, Inc., Ann Arbor, 2012, p132-137.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

馬場 祥行 (BABA, Yoshiyuki)
東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師
研究者番号: 70251535

(2) 研究分担者

鈴木 聖一 (SUZUKI, Shoichi)
東京医科歯科大学・医歯 (薬) 学総合研究科・准教授
研究者番号: 90187732

辻 美千子 (TSUJI, Michiko)
東京医科歯科大学・医歯 (薬) 学総合研究科・助教
研究者番号: 90345281

(3) 連携研究者

米山 隆之 (YONEYAMA, Takayuki)
日本大学・歯学部・教授
研究者番号: 00220773