

仮骨延長法のバイオメカニクス

Biomechanics of distraction osteogenesis

○宮本郁也（九州歯科大学 口腔内科学分野）

Ikuya MIYAMOTO

Division of Oral Medicine, Kyushu Dental University

2-6-1 Manazuru, Kokurakita-ku, Kitakyushu, Fukuoka 803-8580, JAPAN

Distraction osteogenesis is the bone lengthening technique. After osteotomy, callus, which is newly formed soft bone, will change from soft to hard bone corresponding to healing time. Usually bone condition is diagnosed by X-ray photograph or CT. However, it is difficult to know the hardness of newly formed bone by these imaging techniques. In this study, we analyzed newly formed bone by measuring natural frequency biomechanically. Theoretical analysis of bending vibration of distracted bone and animal experiment in the rabbit tibia was performed. Natural frequency of newly formed bone was changed from low to high, and these data suggested that soft bone change to hard bone corresponding to healing period. Conclusively, the natural frequency can be good index of newly formed bone strength.

Key word: Biomechanics, Distraction osteogenesis, Natural frequency

【緒言】

仮骨延長法は先天異常、腫瘍、外傷等で硬組織を欠損した場合に用いられる再建方法の一つである。仮骨延長法の基本術式は、①健全な骨を切断した後に、固定器—延長器を装着し、創部を安静にする。②治癒機転に従って切断された骨の部分に仮骨と呼ばれるやわらかい骨が形成される。③この骨は徐々に硬化する。骨が柔らかいうちに、外部の延長器を用いて仮骨を延長する。通常、1日1mm程度延長でき、骨の欠損に応じて必要な長さの骨を延長する。④所定の長さの骨延長をおこなったのち、治癒期間を置き、骨が通常の負荷に耐えられるまで強度の回復を待つ。といったものである。

通常ヒトにおいて骨が治癒するには、6から8週間程度を要する。骨がどの程度硬くなったのかを判断する方法は、経験的に判断されており正確な骨強度の評価方法が必要である。

すべての物体はその形状や性質により物体固有の振動数をもっており、これを固有振動数という。本研究では仮骨組織の硬化度の変化を骨の固有振動数の変化により非破壊で検査することを試みた。

【方法】日本家ウサギ6匹の右脛骨中心部に骨切りを行い、長さ20mm、直径2mmの窒化チタンコーティングインプラントを4本骨に対して並行に埋入した。できるだけ規格化した手術が行えるようインプラントの平行性を保つためのステントを用意した。その後、骨切りを行い7日の治癒期間を置き、その後12時間に0.5mmずつ、10日間、合計10mmの延長を行った。振動数を測定するために、インパルスハンマーおよびFFTアナライザーによる振動数の定性、定量化は術前、延長直後、1週おきに延長後5週目までを測定を行った。

【結果】

全てのウサギは、問題もなく治癒し、骨は延長された。ウサギはストレスに弱い動物であるが、延長期間中に一番ストレスがかかっていたと思われる。加速度計による測定の際、丁寧に手指にて骨片の可動性を確認した。はじめはほとんど強度のない状態から2-3週にておおむね硬い状態に戻った。加速度計にての計測の結果は振動数の変化となっていた。骨切り前は、約1500Hzの周波数であった。延長終了時は500Hz前後であった。また、治癒期間が1週間で大幅に振動数は上昇し約800Hzとなった。約2-3週でほぼ振動数のピークを記録し、約4週目以降骨切り前の周波数を超えずにプラトーな値になった。

【考察】

仮骨延長した後、既存の骨との区別がなくなる程度に骨構造が回復するには時間がかかる。生体の治癒過程として最重要なことは骨強度を改善することである。その際、骨組織の形態を術前と同じように再生する必要はない。幼弱な仮骨は小さな骨梁で、皮質骨と海綿骨の区別が無い。未熟な骨梁が石灰化し、かつある程度の太さがあれば、完全な皮質骨や海綿骨を再生する前に十分な骨強度を回復できる。つまり、たくさんの小さな骨梁で骨が連結された場合、骨強度は早期に回復できることが分かった。

【結論】

骨の振動数の変化は、骨強度の変化に対応しており、骨強度のよい指標になるものと考えられた。また、骨の創傷治癒は仮骨の早急な石灰化で早期に骨強度を回復させ、そこからリモデリングを進めることで元の形態になるというメカニズムが示唆された。