振動利用コヒーレンス関数解析による下顎骨骨折の
治癒判定に関して（第2報）
—異常治癒経過例について—

喜田正孝・鄭 漢 忠・山 崎 裕・北田秀昭
江端正裕・原田祥二・和田重人・石川 誠
福 田 博

Evaluation of bone healing in mandibular fracture based on
Coherence function analysis utilizing vibration test
—Second report: An abnormal healing case—

Masataka KIDA・Kanchu TEI・Yutaka YAMAZAKI・Hideaki KITADA
Masahiro EBATA・Shoji HARADA・Shigeto WADA・Makoto ISHIKAWA
Hiroshi FUKUDA

Abstract: The intermaxillary fixation (IMF) has been frequently applied to maxillofacial fractures. The period of the fixation is however, determined empirically because we have no barometers to judge the bone unions. Thus, a method capable of determining an appropriate time of IMF removal in each case has been sought.

The authors developed a new measurement apparatus for analyzing the transmission of vibration based on Coherence function, and found that this apparatus could be a useful tool for the determination of the time of IMF removal. The apparatus is characterized by its abilities to judge the bone unions and to evaluate the healing process of mandibular fractures through a non-invasive and periodical measurement.

In this paper, we report that our method was quite useful in evaluating the healing process, even in the mandibular fracture case of abnormal bone healing which was bruised and infected at the fracture site during IMF.

Key words: Coherence function analysis (コヒーレンス関数解析), process of fracture healing (骨折治癒過程), mandibular fracture (下顎骨骨折)

緒 言

顎骨骨折における整復後の固定として顎間固定法が多く用いられており、その固定期間は経験的に4～6週間ぐらいとされている。各症例における顎間固定解除時期

の決定は、骨折部の腫脹・圧痛・ステップの消失などの臨床症状やX線像などを参考にはするものの、客観的な基準になるものではなく、経験的に行っているのが実状である。そこで、個々の症例に応じた適切な固定期間を決定する方法の開発が望まれている。

著者らは振動を利用して振動の伝達性をコヒーレンス関数により解析する測定装置を開発し、本装置が顎間固定の解除日を決定する上で有用な指標となることを日本口腔外科学会雑誌(35巻, 3号, 1989)¹⁾にて報告した。本装置の特徴は、骨折部に骨性癒合が生じた時期を非観血的かつ無痛的に数値として判定でき、また経日的に測定することにより治癒過程が正常であるかどうかを判定

北海道大学歯学部口腔外科学科第1講座

(主任：福田 博教授)

First Department of Oral Surgery Hokkaido University School of Dentistry (Chief: Prof. Hiroshi Fukuda)

受付日：平成2年7月25日

できる点である。

今回は、下顎骨骨体部骨折における異常治癒例に対して本測定方法の有用性を確認したので、その概要を報告する。

症 例

患 者：23歳 男性。

初 診：昭和60年2月■日。

主 訴：咬合不全による咀嚼障害。

既往歴、家族歴：特記すべき事項なし。

現病歴：昭和60年2月■日、けんかの仲裁に入り顔面を殴打され受傷。某病院歯科にて下顎骨骨折を指摘され、紹介により当科を受診した。

現症：

全身所見：体格は中等度、体重 52 kg（受傷後の摂食困難により、約 5 kg 減少）。

口腔外所見：顔貌はほぼ左右対称で出血斑などの症状はなかった。触診では左下顎角部に骨のステップを触知し、同部に圧痛があった。左オトガイ部の知覚障害はなかった。

口腔内所見：開口度は 20 mm と開口障害を認めた。閉口時、下顎正中が上顎正中に対して右方へ 3 mm 偏位し、 $\frac{6}{7}$ のみ接触し開口状態であった。口腔粘膜の裂創はなく、 $\overline{18}$ は近心咬頭のみ低位萌出していたが、打診痛、動揺なく、周囲歯肉・粘膜に炎症所見はなかった。また、多数の残根が放置されていた。

X線所見：パノラマX線写真では、 $\overline{18}$ から左下顎角前方の下顎骨下縁に及ぶ骨折線が存在した（写真1）。

治療および経過：初診時、徒手整復を試みたが整復困難なため、顎間ゴム牽引により整復後、顎間固定することにした。また、整復前に $\frac{87}{6}$ $\frac{78}{56}$ 抜歯し、 $\overline{14}$ は感染根管処置後、根管充填を行った。骨折線上の歯牙である $\overline{18}$ は初診時に症状がなく、また智歯周囲炎などの既往もなく、抜歯することにより骨折片の変位が予想されたため抜歯せずに保存した。

同年2月■日、局麻下に 0.6 mm 18-8 鋼線による上下顎連続歯牙結紮後、顎間ゴム牽引を行った。これによりほぼ良好な咬合状態が得られたため、翌日リガチャーワイヤーによる顎間固定を行った。固定後、1週目より本装置による測定を開始し、以後毎週行った（図1）。測定値は1週目 650 Hz、2週目 1,120 Hz、3週目 1,650 Hz、

写真1 初診時

図1 コヒーレンス関数測定値

写真 2 固定後3週目

写真 4 固定後5週目

写真 3 固定後4週目

写真 5 固定後10週目

Hz と順調に上昇し、正常な治癒過程を営んでいるように思われた。3週目のパノラマX線写真では骨折線は明瞭に存在し、初診時に比べると骨折線辺縁は吸収により不規則になっており、骨折線周囲はX線透過性が強くなっていた(写真2)。患者は固定後24日目に誤って転倒し、骨折部を再打撲した。これにより固定後4週目の測定値は965 Hz と大きく低下し再骨折が疑われた。パノラマX線写真では、骨折断端部に大きなずれはみられずX線学的には再打撲前と比べて変化は認められなかった(写真3)。臨床的にも左下顎角を中心にした軽度の腫脹と同部の圧痛以外には症状がなかったため、このまま固定を継続し経過観察することにした。5週目の測定値は880 Hz と4週目よりさらに低下し、腫脹は増大し、自発痛も出現した。血液検査により白血球数 $12,800$ 個/ mm^3 と上昇を認め感染が疑われたため、CFT 1.5 g/day で消炎療法を開始した。同日のパノラマX線写真では、4週目に比べ骨折線周囲のX線透過性が強くなっているが、ところどころにX線不透過像の部位も増加していた(写真4)。6週目の測定値は、1,380 Hz と上昇し始め、腫脹部は板状硬結を呈した。7週目には皮膚側に膿瘍を形成したため切開し排膿、ドレナージを行った。8週目では、まだ軽度の排膿を認めたが、9週目にて排膿も止まり周囲の炎症症状は消失した。測定値は、8週目 1,505 HZ, 9週目 1,780 HZ と順調に上昇し、

10週目で 1,830 Hz と正常側と一致した。なお10週目のパノラマX線写真で骨折線はやや不明瞭化しているが明らかに存在し、X線写真では骨性癒合が生じたことを判定するに足る所見は得られなかった(写真5)。この時点で顎間固定を解除したが、骨折部に動揺その他の異常所見はなかった。以後も、定期的に経過観察を行ったが、6か月経過した時点でも測定値は正常側と同値を示し続け、咬合の偏位などの異常所見はなかった。

考 察

顎骨骨折における整復後の顎間固定は、臨床症状やX線像などを基に、経験的に4～6週間行われている。しかし骨折部の腫脹・圧痛・ステップの消失などの臨床症状は、受傷後2～3週の間にはほぼ消失し、固定解除のための判定基準とはならない。また、著者らが行った動物実験において、病理組織学的に骨性癒合が認められる時期は、X線学的には骨折両断端間隙が最も拡大した時期に相当し、5週前後におけるX線像から骨性癒合を生じたことをX線学的に判定するのは非常に困難である。骨折の治癒過程は、骨折部位や骨折の状態などの局所的要因や年齢および栄養状態などの全身的要因、あるいは整復法や固定法などの治療的要因などにより影響され、個々の症例において固定の必要な期間は異なるものと考え

られる。そこで、いかにして骨折の治癒過程を非観血的に判断するかが問題であった。

物体に振動を与え、その振動の伝達性により物体の内部構造の性状や変化を知ろうとする方法は、多くの分野で利用されている²⁻⁵⁾。著者らは、これを骨折部に応用し、振動の伝達性をコヒーレンス関数で解析する装置を開発した。本装置を利用した動物実験において、下顎骨骨折の骨性癒合時期は、振動による測定値が正常側と同様の周波数値を示す時期と一致することを病理組織学的に確認した。また、臨床応用において、下顎骨骨体部骨折患者の振動による測定値が正常側と一致した時期に顎間固定を解除したが、解除後1年の経過観察においても何ら支障はなかった。

また、本測定方法のもう1つの特徴は、骨折の治癒過程の推移を客観的に判定できることである。つまり、下顎骨骨体部骨折において正常治癒過程をとった時には、固定後1週、2週と時間の経過とともに測定値は上昇して、固定後大多数が4～6週の時期には正常側と同様の数値に達する。これは時間の経過とともに骨折部の器質化が進み、骨膜側および骨髓側において骨の新生が認められ、治癒の進展に伴って振動の伝達性が増したものである。しかし、異常治癒過程では、正常治癒過程が何らかの原因により障害されるため、測定値は正常な上昇傾向を示さず、ある時期より上昇を認めなかったり、また減少したりする。今回の症例のように、再打撲と感染を併発した症例のような正常な治癒過程を逸脱した場合には、固定期間の決定に対し、基準となるものがなくなり、現行の診査によっては適切な固定解除日を決定するのは困難である。骨性癒合の有無を確認するには顎間固定を解除し、物理的に骨折部の可動性の有無を調べる以外に方法はない。異常治癒が疑われた場合、治癒状態がどのような状況なのか、つまり治癒が単に遅延しているだけなのか、すでに偽関節を形成しているのかといった判別は困難である。遅延治癒では骨修復の速度は正常治癒に比べ遅いが、完全停滞の状態ではないのに対し、偽関節は骨性癒合の過程が完全に停止している状態である。したがって、遅延治癒は時間がかかるが骨性癒合が望める状態にある。しかし、偽関節を形成した場合には観血的処置が必要になってくる。この両者の鑑別は初期の段階では臨床的には困難な場合が多く、担当医の主観的な判断によって診断が下され、実際には不必要な長い固定期間を患者に強いることになったり、また不必要な観血的処置を行う場合もあるように思われる。偽関節の治療ではできるだけ早期に診断し、早期に新たな追加治療を加えていくことが大切である。本装置の利用に

より客観的に診断が下されるため、この問題点が解消できたものと思われる。すなわち、遅延治癒では測定値の伸びは緩慢ではあるが、上昇傾向を示すのに対し、偽関節では測定値の伸びはある時点から全く認められない。

本症例では、固定後3週までは順調に測定値が増していることから、正常な治癒過程を営んでいたと思われる。しかし、再打撲により測定値の急激な下降が認められ、再骨折が疑われた。さらに感染により膿瘍の形成と排膿が生じ異常治癒経過が予想された。しかし、再打撲の2週後より測定値は再度上昇し始め、その後も上昇し続けたので、顎間固定をそのまま継続した。測定値は固定後10週目で正常側と一致し、固定を解除したが骨折部に動揺などの異常所見はなく、開口度も開口訓練により2週間後には元の状態に回復した。

以上のように、振動を利用しコヒーレンス関数にて解析する測定方法は、異常治癒症例に対して固定を継続するか、観血的処置を行うかを客観的に判定することができ、臨床にたいへん有用な診断方法と思われた。

結 語

固定期間中に骨折部を再打撲し感染を合併した異常治癒経過症例に対し、振動を利用した本測定方法は客観的に骨性癒合時期と治癒過程の推移を把握することができた。

本論文の要旨は、第31回日本口腔外科学会総会（1986年10月17日、久留米）において発表した。

引 用 文 献

- 1) 喜田正孝：振動利用コヒーレンス関数解析による下顎骨骨折の治癒判定に関する研究。日口外誌 35: 569-588 1989.
- 2) 保田岩夫：骨と振動。日整外会誌 43: 132-145 1956.
- 3) Sonstegard, D.A., Larry, S.M., et al.: Sonic diagnosis of bone fracture healing, A preliminary study. J Biomechanics, 9: 689-694 1976.
- 4) Siegel, I.M., Anast, G.T., et al.: The determination of fracture healing by measurement of sound velocity across the fracture site. Surg Gynec Obstet 107: 327-332 1958.
- 5) 小島孝之, 田中政信：果実の熟度判定に関する音波共振法の応用。佐大農業 41: 21-29 1976.