HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	高周波電流の周波数が骨形成に及ぼす影響［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	山田, 慧太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	甲第15020号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/86061
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Keita_Yamada_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　　博士（歯学）　　氏　名　山　田　慧　太

審 査 担 当 者　主査　教授　菅　谷　勉
副査　教授　網　塚　憲　生
副査　教授　飯　村　忠　浩

学　位　論　文　題　名
高周波電流の周波数が骨形成に及ぼす影響

審査は，審査担当者全員の出席の下，公聴会形式で行われた．はじめに申請者より提出論文の概要の説明が行われ，審査担当者が提出論文の内容および関連した学問分野について口頭により試問する形式で行われた．

高周波電流刺激による骨形成の促進効果を検討したこれまでの研究では，520 kHz，15-30 mA，1 秒間 5 回の高周波電流刺激をラットの頭蓋骨欠損に週に 2 回加えると，骨欠損内に多量の骨形成が生じたことが報告されている．また，その際の高周波電流の duty 比は骨形成に影響を与えないこと，高波電流刺激は骨欠損作製後 4 日以内に加えることが効果的であったことが報告されている．しかし，これらの研究で使用された 520 kHz の電流は 480～12,000 kHz の周波数を混在させた方形波に近い波形であったことから，さらに骨再生効果を高めるためには，再生に有効な周波数を特定し，単一周波数で通電することが有効と思われる．そこで本研究では，まず，多くの周波数が混在する高周波電流を通電し，各周波数の実効電流値の分布と骨再生量を比較して，有効性が期待できる周波数を探索した．次に，その周波数を単独で通電することによる骨再生効果を検討した．

各周波数の実効電流値と骨形成量の比較では，0，3 日目に周波数が混在する高周波電流を，ラット頭蓋骨に作製した骨欠損部に 5 秒間通電した．通電時の電流はオシロスコープで記録し，高速フーリエ変換して各周波数の実効電流値を算出した．術後 8 週後にμCT 撮影を行い，硬組織形成率を計測し，通電時の各周波数の実効電流値との比較を行ったところ，骨形成量の多かった例では 549 kHz，6,713 kHz，7,751 kHz，8,789 kHz の 4 つの周波数の実効電流値が高かった．この結果から，549 kHz と 7,751 kHz に 11,710 kHz を加えた 3 つの周波数の正弦波で骨再生効果の検討を行うこととした．

次に，各周波数の電圧を決定するため，ファンクションジェネレーターを使用して，549 kHz，7,751 kHz，11,710 kHz の正弦波を出力電圧（Vout）1.77 V でラット頭蓋骨の骨欠損部に通電し，オシロスコープで測定電圧値（Vs）を計測した．得られた値から各周波数におけるインピーダンス ZLoad = 100（Vout / Vs-1）を求め，実効電流値が 1 mA になるように出力電圧を決定した．

549 kHz，7,751 kHz，11,710 kHz の正弦波を各電圧でラット頭蓋骨に作製した骨欠損に 0，3，7，10 日目に 5 秒間通電を行った．また，多数の周波数が混在する高周波電流装置を用いて，周波数 520 kHz で 5 秒間通電した．術後 8 週後でμCT 撮影を行い，硬組織形成率を計測し，さらに脱灰薄切標本を作製してヘマトキシリン-エオジン重染色して，組織学的観察および新生骨基質の形成率を算出した．その結果，μCT による硬組織形成率は，対照群 14.4 %（中央値）であったのに対して，549 kHz では 38.1 %，7,751 kHz で 54.0 %，11,710 kHz で 30.8 %，混合周波数で 33.0 %と，通電した 4 群は対照群に比較していずれも有意($p<0.05$)に高い値を示した．さらに，7,751 kHz での骨形成量は，11,710 kHz および混合周波数に比較して有意($p<0.05$)に高い値であった．組織学的観察では，対照群の新生骨が母床骨断端部にわずかに認められる程度であったのに対して，通電した 4 群ではいずれも母床骨と連続しない孤立した新生骨が多数観察された．組織学的に計測した骨基質形成率は，対照群 11.8 %（中央値）であったのに対して，549 kHz で 26.0 %，7,751 kHz で 40.4 %，11,710 kHz で 25.1 %，混合周波数で 23.8 %と，対照群に比較していずれも有意に高い値($p<0.05$)を示した．

以上の結果から，7,751 kHz が新生骨形成に最も効果が高い周波数であることが明らかとなった．

審査者から論文内容及び関連事項について以下の質問がなされた．

1. 通電した４群における新生骨の組織像の相違
2. 骨膜の有無と骨形成への影響
3. 血管と骨形成の関連性
4. 骨芽細胞に分化した細胞
5. 骨形成の開始位置と電極との位置関係
6. 母床骨と新生骨との連続性
7. 電流刺激の痛み

申請者は本研究の内容を中心とした専門分野はもとより，関連分野について十分な理解と学識を有していることが確認された．本研究では，高周波電流刺激による骨形成の促進に有効な周波数を示し，歯科医学の発展に十分貢献するものであり，審査担当者全員は，学位申請者が博士（歯学）の学位を授与されるに値するものと認めた．