

学 位 論 文 題 名

Biomechanical Effects of Cervical Lesions and Restoration on Periodontally Compromised Teeth

（支持歯槽骨量が減少した歯における歯頸部歯質欠損と
その修復の生体力学的影響）

学位論文内容の要旨

<実験の背景と目的>

非齲蝕性の歯頸部歯質実質欠損（Noncarious Cervical Lesion: 以下NCLと略す）の発生およびその修復の予後には、咬合力に起因する応力が関与していると臨床の現場から主張されており、この説は近年注目を集めている。しかし、一方で実験的な裏付けが不足していることが指摘されている。これまで光弾性法と有限要素法を用いて、歯槽骨支持が健全な状態の歯を想定しNCLとその修復が歯の内部応力分布に及ぼす影響を調べた研究はあるが、歯槽骨が減少し歯肉退縮が起こって欠損が歯根面まで及ぶような場合に関しては研究が行われていない。このような歯根部に位置する欠損は高齢者社会において増加することが予測されており、この種の欠損を確実に修復することは高齢者の歯の健康を保つ上で重要になると考えられる。そこで、本研究では支持歯槽骨の減少した歯の歯根部に及ぶNCLとその修復が歯の内部応力分布に及ぼす影響を、光弾性法を用いて調べることを目的とした。

<材料と方法>

頬側の歯頸部から歯根部に及ぶNCLを有する上顎第一小臼歯の三次元光弾性模型を作製した。支持歯槽骨の減少量は歯槽骨の高さで20%減少と35%減少に設定した。20%減少モデルには、くさび状の欠損と皿状の欠損の二つの欠損形態を設定した。くさび状の欠損には欠損の最深部に明確なラインアングルを付与した。一方、皿状の欠損は滑らかな形態で、くさび状の欠損よりも浅いが上下的により大きくなっている。35%減少モデルにはくさび状の欠損のみを設定した。まず未修復の状態、頬側咬頭頂および舌側咬頭頂にそれぞれ3.4kgの荷重を加え、円偏光装置を用いて模型内に発生した内部応力を視覚化し、写真撮影を行って記録した。未修復の結果が得られた後に、欠損部分をマイクロファイン型のコンポジットレジンを用いて修復を行い、未修復の状態と同じ荷重条件を再度加えて、修復による応力分布の変化を観察・記録した。

＜結果＞

* 20%支持骨減少—くさび状の欠損：模型 1

頬側咬頭頂に荷重を加えた場合、欠損の最深部で最も高いフリンジオーダー（5+）が発生し、さらに各フリンジが非常に近接していることから、この部位で高い応力集中が起きていることが観察された。しかし、欠損の咬合面側および歯肉側マージン周囲では応力の発生はほとんど見られなかった。舌側ではセメント—エナメル境と歯槽頂部の間の歯根部に応力が発生していたが、その強さは頬側の応力に比べると明らかに低かった。欠損を修復した場合、欠損最深部のフリンジオーダーは3まで減少し、フリンジの間隔も広くなり、応力集中が緩和されたことが示された。一方、修復に伴い欠損の咬合面側および歯肉側のマージン部では応力の増加が観察され、歯肉側の修復物と歯の模型の界面に沿って欠損の最深部に至る明らかな界面応力の発生も観察された。

舌側咬頭頂に荷重を加えた場合は、頬側咬頭荷重に比較して欠損周囲の応力は低く、欠損から離れた位置への荷重は欠損に近い咬頭への荷重に比較して、欠損周囲の応力への影響が小さいことが示された。

* 20%支持骨減少—皿状の欠損：模型 2

くさび状の欠損に比べ、欠損の最深部でのフリンジオーダーは低く（4+）、各フリンジの間隔も広くなっており、欠損周囲に発生する応力は欠損の形態に影響されることが示された。欠損部から離れた部分の応力は、くさび状の欠損と皿状の欠損の間では明らかな差が見られなかった。舌側の歯冠部および歯頸部の応力は荷重側の頬側に比較して低かった。模型1で観察されたように、修復を行ったことで欠損の最深部で応力の緩和が観察された。未修復の場合と同様に、欠損周囲の応力の強さと集中の程度はくさび状の欠損に比べて低かった。また、歯の模型と修復物の界面の応力は、くさび状の欠損とは異なり歯肉側のマージン付近に局限していた。その反面、歯槽頂付近、舌側の歯頸部といった欠損部以外の部位での応力分布および強さは、模型1と非常に近似していた。

舌側咬頭への荷重によって発生した応力分布は、模型1で観察されたものと非常に近似していた。

* 35%支持骨減少—くさび状の欠損：模型 3

未修復の状態で頬側咬頭頂に荷重を加えた場合、応力分布のパターンは模型1と類似していたが、欠損の最深部での最大フリンジオーダーが6と、今回調べた3種類に模型の中で最も高い応力が発生した。また頬・舌側の歯槽頂部の応力も最も高く、この条件で欠損および歯槽頂の部位で最も大きい曲げが起きていることが示された。欠損の修復を行った場合、欠損部付近の最大フリンジオーダーは3まで減少し、フリンジ間隔も広くなり応力集中の緩和が観察された。模型1、2と同様に、欠損の咬合面側および歯肉側マージン付近の応力が修復によって増加した。歯肉側マージン部の応力は模型1よりも高いものの、界面応力は歯肉側壁の半分程度までしか及んでいなく、修復物と模型の界面での応力分布には欠損の形態と支持歯槽骨量の両方が影響することが示された。

舌側咬頭に荷重を加えた場合、他の二種類の模型との間の欠損周囲の応力分布

の差は、頬側咬頭荷重に比べて小さかった。

＜考察と結論＞

20%支持骨減少のモデルのくさび状と皿状の欠損を比較した結果から、未修復・修復に関わらず、欠損の形態が欠損最深部での応力の強さと応力集中の程度を左右することが示唆された。一方、歯槽頂に接する部位の応力は20%支持骨減少の二つの模型間でほとんど差が見られなかったが、35%支持骨減少モデルでは20%支持骨減少モデルと比較して明らかに高かったことから、この部分の応力状態は欠損形態よりもむしろ支持歯槽骨の量に影響を受けることが示唆された。頬側咬頭荷重と舌側咬頭荷重では、内部応力の分布と強さが大きく異なったことから、咬合接触点の位置によっても欠損および修復物の周囲に発生する応力が大きく異なることが推測される。これは以前に行った健全な歯槽骨支持を想定した模型で観察された傾向と一致する。

NCLは多様な形態をとり、その主たる原因によって特徴的な形態を呈すると考えられているが、そのメカニズムには不明な点が多い。本研究では欠損の最深部周囲には応力が集中する傾向が観察されたものの、マージン部には応力の発生がほとんど観察されなかった。このことから応力の影響が強い場合には欠損は深くなるのがあっても、上下的に拡大していくことは起きにくいと推測することができる。

修復を行うことにより、欠損の最深部周囲の応力集中を緩和できることが示された。しかし、その代償として未修復の状態ではほとんど応力の発生がなかった咬合面側および歯肉側のマージン周囲で応力の増加が起きた。修復物との界面での応力は欠損の形態および支持歯槽骨の量によって変化し、鋭い形態を持つ欠損では界面に沿って欠損のより深部まで応力が及ぶ傾向が観察された。一方、高度に歯槽骨支持が減少した場合は、修復物の界面よりも歯槽骨頂と接する部分に応力が集中する傾向が観察された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 亘 理 文 夫

副 査 教 授 川 崎 貴 生

副 査 教 授 大 畑 昇

学 位 論 文 題 名

Biomechanical Effects of Cervical Lesions and Restoration on Periodontally Compromised Teeth

(支持歯槽骨量が減少した歯における歯頸部歯質欠損と
その修復の生体力学的影響)

審査は主査、副査全員が一同に会して口頭でなされ、初めに本論文の要旨の説明を求め、申請者から以下の内容についての論述がなされた。

非齲蝕性歯頸部歯質欠損 (Noncarious Cervical Lesion; 以下NCL) の成因およびその修復の予後には、咬合力による応力が関与しているとの説が注目を集めている。しかし、この説の実験的根拠が不足していることが指摘されている。そこで、本研究では参考論文の2論文に引き続き、支持歯槽骨が減少した場合に歯根部に及ぶNCLとその修復が、歯の内部応力に与える影響について光弾性法を用いて調べた。

頬側歯頸部から歯根部におよぶNCLを有する上顎小臼歯の三次元光弾性模型を作製した。支持歯槽骨の高さとNCLの形態によって、以下の3つの実験条件を設定した。模型1；歯槽骨20%減少－くさび状の欠損、模型2；歯槽骨20%減少－皿状の欠損、模型3；歯槽骨35%減少－くさび状の欠損。くさび状の欠損は欠損の最深部に鋭い線角を付与したが、皿状の欠損は浅くなめらかな形態とした。頬側咬頭頂、舌側咬頭頂にそれぞれ3.4kgの荷重を加え、模型内に発生した応力を記録した。未修復の状態の記録終了後、欠損をコンポジットレジンで修復し、同じ条件の荷重を行い応力分布の変化を記録した。

本研究の結果から、いずれの模型でも、頬側咬頭荷重下では欠損の最深部に他の部位よりも高い応力が発生することが示された。応力の強さと集中の程度は欠損形態で異なり、鋭い形態の欠損を持つ模型1では模型2に比べ、高い応力が欠損周囲でより集中して発生していることが観察された。しかし、欠損周囲以外の部位の応力の状態には明らかな差は観察されなかった。一方、模型3では応力分布の概要は模型1と類似していたが、欠損の最深部で3つの条件でもっとも高いフリンジオーダー

が観察され、歯槽骨頂部と接する部位の応力ももっとも高くなっていた。欠損から離れた舌側咬頭頂への荷重では、頬側咬頭荷重に比べ欠損部の応力は明らかに低く、この傾向は全ての条件で共通であった。

NCLの修復を行った場合、全ての条件において頬側咬頭頂への荷重によって発生した欠損最深部の応力集中が大きく緩和された。その一方で、欠損の咬合面・歯肉側のマージン部分では応力の増加が観察された。模型1では修復物と歯の模型の界面、特に歯肉側、に沿って欠損の最深部に至る界面応力の発生が特徴的であった。それに比べ、模型2と3では、修復物との界面の応力は歯肉側マージン周囲に局限していた。模型3では歯槽骨頂部付近の応力が高くなる傾向が観察された。

模型1と2の結果の比較から、未修復・修復を問わず、NCLの形態が欠損周囲の応力分布を左右することが示唆された。一方、歯槽頂に接する部位の応力の状態はこの二者間で差はほとんどなく、支持骨量の少ない模型3で明らかに高かったことから、この部分の応力状態は欠損形態よりも支持歯槽骨の量に影響を受けることが推測された。荷重位置によって応力の分布と強さが大きく異なったことから、咬合接触点の位置も大きく影響し、欠損の直上の咬頭での接触が欠損周囲に最も高い応力を発生させることが示された。

修復によって欠損の最深部の応力集中は緩和され、より均等な応力分布が得られることが示された。しかし、修復物と歯の模型の界面に沿って応力が発生し、これは接着の長期的予後に悪影響を与えると考えられる。修復物との界面での応力は、欠損の形態および支持歯槽骨の量によって変化し、鋭い形態を持つ欠損では界面に沿ってより深くまで応力が及ぶ傾向が観察された。しかし、高度に歯槽骨支持が減少した場合は、応力は修復物の界面に沿って深く進展するよりも、むしろ歯槽骨頂付近に集中する傾向が観察された。

以上の論述に引き続き実験方法、結果、考察、展望及び関連分野についての質疑応答を行い申請者はいずれも明快な回答、説明を行った。申請者の説明から、本研究は歯頸部および歯根部に発生した歯質の欠損およびその修復が、歯の内部応力におよぼす影響を論じた点で独創性に富むものであり、欠損の形態および支持歯槽骨の影響をエナメル質・象牙質・歯槽骨・歯根膜の材質を変えた精密モデルを創作して実験を行い、詳細に報告した初めての研究であることを認めた。加えて、本研究の結果はNCLの診断・修復を行う上で臨床的に非常に興味深く、今後の歯科臨床の発展に大きく寄与する結果を提示したものとして高く評価できるものである。さらに、試問の内容から、申請者は応力解析法および歯頸部欠損の成因・修復に関して豊富な実験結果と広範な基礎知識を有し、関連分野にも幅広い学識を有していると認められた。よって、審査担当者全員は、申請者は博士（歯学）の学位を授与される資格を有するものと認めた。