

氏名	大江 恵
(ふりがな)	(おおえ めぐみ)
学位の種類	博士(医学)
学位授与番号	甲 第 号
学位審査年月日	平成 25 年 1 月 12 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	チタンプレートおよび生体吸収性骨接合プレートを用いた力学的剛性の比較検討 (Comparison of mechanical stiffness of titanium and biodegradable osteofixation systems)
論文審査委員	(主) 教授 植 野 高 章 教授 根 尾 昌 志 教授 佐 浦 隆 一

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

《背景と目的》

顔面骨骨折における固定法はチタン骨接合システム（以下 チタンプレート）が主流であるが、本邦では 1990 年代より生体吸収性骨接合システム（以下 生体吸収性プレート）が導入され、10 年以上が経過した。生体吸収性プレートは、いずれ吸収されるという利点が最も大きな特長である。しかしチタンプレートに比べ、強度や剛性が劣り、使用に制限があるのが難点である。そこで、国内で使用されている生体吸収性プレートならびにチタンプレートとアクリル板を用いて、引張り、曲げ、剪断試験を行った。その中で、剛性値を比較し、顔面骨骨折領域における骨接合システムのよりよい使用条件を検討した。

《材料と方法》

1.材料

厚さ 5mm のアクリル板 2 枚をチタンプレート（ローレンツ®、バイオメットマイクロフイクセーション社、以下 BMF 社、米国）及び生体吸収性プレート（ラクトソープ®、BMF 社、米国）を用いて固定し、試験体とした。それを、A 群：緊密に接合するようにプレートで固定した群、B 群：2mm の間隙をあけてプレートで固定した群の 2 群に分け、さらにそれぞれの群に対して、プレート 1 本固定と 2 本固定の 2 群に分けて比較検討を行った。試験機は精密万能試験機オートグラフ AG-5000I®（島津製作所、京都）を使用した。

2.方法

引張り試験は、試験体の一端を試験機の器具に固定後、対立する断端側をロードセルに装着し引張り荷重を加えた。曲げ試験はロードセルに固定した直径 120mm のステンレス棒を下降させ荷重を加えた。剪断試験は試験体の一端を試験機の器具に固定後、対立する断端側をロードセルに装着し、荷重方向がアクリル板平面短軸に平行となるように荷重を加えた。得られた値を荷重—変位曲線としてプロットし、剛性の平均値を求めた。

《結 果》

引張り試験、曲げ試験、剪断試験ともにチタンプレートの剛性が高値であった。間隙のない A 群プレート 1 本固定において、チタンプレートは生体吸収性プレートに比べて、引張り試験で約 3.7 倍、曲げ試験では約 2.5 倍、剪断試験で約 6.4 倍の剛性であり、生体吸収性プレートは剪断方向の荷重で剛性が特に低値であった。また、チタンプレート、生体吸収性プレートともに、各試験の剛性は曲げ試験、剪断試験、引張り試験の順に上昇し、引張りには強いが、曲げには弱いという結果であった。プレートに間隙のない A 群と間隙のある B 群においては、曲げ試験の B 群で、チタンプレート、生体吸収性プレートともに剛性が極端に低値で、A 群と B 群の間で有意差を認めたが、引張り試験や剪断試験では、A 群と B 群の間で有意差を認めるものはほとんどなかった。プレートの本数の違いでは、生体吸収性プレートで剪断試験においてプレート本数を増やすと剛性が上昇し、有意差を

認めた。限度以上の荷重がかかった場合、チタンプレートではプレートのスクリー穴が変形したのに対し、生体吸収性プレートではスクリーの緩みを認める試験体があった。

《考 察》

曲げ、剪断試験は、どちらも「曲げる」試験である。荷重方向に対してアクリル板を横にする曲げ試験では曲がりやすいが、縦にする剪断試験では曲がりにくくなる。生体吸収性プレートでは、剪断試験においてプレートを2枚固定に増やすことにより、剛性を2倍以上に高めることが可能であったが、曲げ試験では剛性は増加しなかった。プレート1枚固定の場合、荷重方向に対して縦長にアクリル板を配置した剪断試験の方が、応力が小さく曲がりにくいと同様に、プレートを上下2本固定した剪断試験では強度が増し、さらに曲がりにくくなる。したがって、生体吸収性プレートは剪断方向で剛性が低いけれども、プレート固定本数を増やすことで剛性を高めることができる。

限度以上の荷重がかかると、生体吸収性プレートは大きく厚みがあるのでプレートの変形は起こりにくいと考えられるが、スクリー固定時にねじ山を作成する必要があり、ねじ山の作成の際、スクリーとねじ穴の間にわずかな隙間でも生じた場合にはスクリーの緩みに繋がり、プレート本来の強度を出し切れない可能性がある。

結論として、頬骨骨折整復時に生体吸収性プレートを使用する場合、咬筋筋力により引張り力が主にかかる頬骨前頭縫合部の固定では、骨に厚みがあるので生体吸収性プレートでも十分な固定力が得られる。一方、剪断力が主にかかる眼窩下縁と頬骨下稜部の骨折部位では、骨折部に隙間がない場合は生体吸収性プレートを用いた固定でも問題はないが、第3骨片の存在や骨折部に隙間が生じる場合にはチタンプレートを使用するか、複数本の生体吸収性プレートを使用した方がよいと考える。また、スクリーの緩みを防ぐためにはねじ山の作成を注意深く行うことが重要で、刺入するスクリーを長くすると剛性が増加する可能性がある。一方、骨折部固定後に隙間が残存すると生体吸収性プレートでは極端に曲げに弱くなるので、骨折部はできるだけ隙間が出来ないように固定することを心がけるべきである。

論文審査結果の要旨

顔面骨骨折の固定材料はチタンプレートの導入により飛躍的に固定力が増し、現在、第一選択となっている。しかし、顔面という特殊な領域であることから、整容面を考慮して抜釘を行うことは躊躇されるので、異物が体内に生涯留置されることになる。その問題を解決したのが、生体吸収性プレートであるが、強度、剛性の面から使用には制限が多く、また、その適応基準も明確ではない。

申請者は、アクリル板にスクリュー固定したチタンプレートおよび生体吸収性プレートから構成される試験体を用いて、引張り、曲げ、剪断など顔面骨にかかるさまざまな応力を単体化し力学実験を行うことにより剛性を比較検討した。その結果、生体吸収性プレートは金属であるチタンプレートと違い、スクリューが緩みやすく、剪断方向の荷重に弱いという特徴を明らかにした。また、プレート本数を増加させることは剪断方向に荷重がかかる場合に有効であることも示した。

生体吸収性プレートは、チタンプレートに比較して剛性が低値であるので、スクリュー、プレートともに、それぞれにかかる応力をできるだけ小さくすることが重要である。今回の結果は、顔面骨骨折の整復固定の際に生体吸収性プレートを使用する場合のスクリューの強固な固定と剪断方向に荷重がかかる場合の応力の分散のために複数のプレートを使用することの重要性を明らかにし、骨接合システムの臨床使用における適応基準の明確化に十分寄与するものであると考えられる。

以上により、本論文は本学大学院学則第 11 条に定めるところの博士（医学）の学位を授与するに値するものと認める。

(主論文公表誌)

日本形成外科学会誌 33(4): 219-227, 2013