

Peri-implant health

インプラント周囲の健康

Mauricio G. Araujo Jan Lindhe

目 的

インプラント周囲組織は、骨結合されたインプラントの周囲に生じるものである。それらは、軟組織区画と硬組織区画に分けられる。軟部組織区画は、「インプラント周囲粘膜」と表され、インプラント/アバットメントの埋入に続く創傷治癒プロセス中に形成される。硬組織区画は、インプラントの安定性を確保するために、インプラント表面との接触関係を形成する。それらの組織学および解剖学的特徴に起因して、インプラント周辺組織は、2つの基本的機能を実行する：粘膜は、下にある骨を保護し、骨はインプラントを支持する。実際、インプラント周囲組織の破壊は、インプラントの成功と生存を危険にさらすことがあり、健康なインプラント組織の特性の理解は、疾患の認識を可能にする。したがって、本レビューの目的は、健康状態におけるインプラント周囲組織の臨床的および組織学的特徴を定義し、粘膜 - インプラント界面を記述することである。

材料と方法

MEDLINE-PubMed の検索を使用して、現在のレビューを支持するエビデンスを検索した。文献検索には以下のキーワードが用いられた。
： 歯科インプラント (メッシュ) AND 生物学的幅 OR 粘膜 OR 軟部組織 OR 付着 OR 角質化粘膜またはインプラント周囲粘膜 OR プロービング深さ OR 微生物叢 OR コラーゲン線維 OR 上皮 OR 接着 OR 骨 OR 骨結合 OR ヒト OR 動物。
研究を除外する 2 つの主な理由は、1) 英語で公開されていないこと、2) 健常な移植組織の臨床的、組織学的、または微生物学的な詳細が不足していることであった。

結 果

インプラント周囲粘膜

インプラント周囲粘膜の構造的特徴に関するほとんどの情報は、犬モデルを用いた動物研究から得られる。そのような研究では、インプラントは、無歯顎 (または新鮮抜歯窩) に埋入され、その外側の骨部分は咀嚼粘膜で覆われた。また、粘膜縁からインプラント骨頂まで測定した場合、頬側の治癒したインプラント周囲粘膜の平均高さは約 3~4mm であることも示された。さらに、この粘膜は、主としてコラーゲン繊維およびマトリックス要素 (85%)、比較的少数の線維芽細胞 (3%) および血管単位 (5%) からなる結合組織のコアを含む。結合組織の外側 (経口) 表面は、しばしばオルソケラチン化された上皮によって覆われている。

インプラント（アバットメント）に面するインプラント周囲粘膜の部分は、2つの別個の部分、薄いバリア上皮（歯肉の接合上皮に類似している）および皮膚上皮によって裏打ちされた「コロナ」部分と、結合組織がインプラント表面と直接接触しているように見える、より「先端の」部分である。インプラント周囲粘膜のこの先端部分は、結合組織接着ゾーンと呼ばれる。

バリアおよび血管上皮のすぐ側の結合組織では、歯状動脈血管叢と同様の血管構造の繊細な叢が一貫して存在し、結合組織接着ゾーンは限られた量の血管構造のみを有するようである。

咀嚼粘膜内に埋入されたインプラントでは、主なコラーゲン繊維束は、歯槽骨に固定され、金属装置の表面に平行な周縁方向に延びる。このタイプのインプラント周囲粘膜には、円形繊維も存在することが想定される。

Moonらは電子走査顕微鏡下で、インプラントに面する結合組織の200 μm 幅の領域に限定された結合組織接着の領域を分析した。この発見は、接着が2つの別個の層を含むことを実証した：インプラントの表面と密接に接触していると思われる大量の線維芽細胞（体積の32%）を有する約40 μm 幅の内層1層；コラーゲン繊維（83%）、少量の線維芽細胞（11%）、より大きい体積が支配的である血管構造（3%）の幅約160 μm の1つの外層だ。

インプラントが非角化組織または歯槽粘膜に埋入された場合、インプラント周囲粘膜に関して現在利用可能な有効な組織学的情報は無い。

粘膜付着の形態形成

犬モデルで粘膜接着の形成を調べた。ワンピースインプラントをイヌの無歯下顎に埋入し、3ヶ月間に異なる間隔で採取した生検の光学顕微鏡検査を用いて治癒をモニターした。インプラントと切断結合組織との間の創傷の初期段階において、主に好中球および限られた量のマクロファージが浸潤したフィブリン凝塊/凝固物が形成された。その後、炎症細胞の数が減少し、創傷表面は、インプラント表面と密接に接触していると思われる線維芽細胞の緻密な層によって特徴付けられた。治癒の2週目~3週目に、線維芽細胞の密度が減少し、コラーゲンおよびマトリックス成分の量が増加し、口腔上皮から延びる上皮細胞が結合組織創傷の周辺部分を占め始めた。前の創傷領域のコラーゲン線維は、約4週間後に束状に組織化された。6~8週間後、粘膜接着は成熟したように見え、組織インプラントの界面ゾーンは、インプラント表面への結合した上皮および結合組織接着からなっていた。最初の1ヶ月後には軟組織接着の蓄積があまり変化しなかったため、この間隔で恒常性に達したことが示唆される。

インプラント周囲の寸法

動物研究

生物学的な幅または寸法と呼ばれることが多いインプラント周囲粘膜の寸法を、主にイヌの研究から得られた生検で検査した。そのような測定は、インプラント周囲の骨を覆うために一定の幅の軟組織が必要であることを開示している。この研究では、上皮の長さ（接合上皮粘膜縁から接合上皮の頂端部分まで）は約2mmであったが、結合組織接着ゾーンの高さはより大きな変動を示した（1~2mm）。動物モデルにおける実験には、インプラントおよび/またはアバットメントの材料、外科的埋入プロトコル、異なる表面組織を有するインプラント/アバットメント、インプラント/アバットメント設計がいわゆる「プラットフォーム・スイッチング」されたインプラントが含まれる。得られた結果は、金合金と歯科用磁器製のアバットメントが適切

な軟組織接着を確立できなかったが、インプラント周囲粘膜の寸法には他の変数が明らかに限定されたことが明らかになった。

しかし、動物モデルは、原則的な問題の証明に有効な貴重なデータを提供するかもしれないが、ヒトの臨床状態の解剖学的、生理学的、生体力学的/機能的または病理学的環境を完全に再現することはできないことに留意すべきである。

ヒトの研究

ヒトにおけるインプラントの粘膜の形態形成および形態に関する研究は、ミニインプラントまたは従来の、または特別に設計されたアバットメントからの軟組織解剖テクニックから得られたブロック生検を使用した。Tomasiらは新規の生検技術を発表し、ヒトボランティアの単一移植部位におけるインプラント周囲粘膜の形態形成について報告した。軟組織生検を、アバットメント接続後の2, 4, 8および12週間の治癒後にサンプリングした。彼らは、2週間後、切断された結合組織の大きな領域に炎症細胞が浸潤したが、4週間後に浸潤領域が小さくなり、境界領域に短い障壁上皮が形成されたことを報告した。後の段階の観察を表す断面は、結合組織の創傷の継続的な治癒、および軟組織試料の周辺部における明確な障壁および表面上皮の形成を示した。軟組織の輪郭に沿って測定したインプラント周囲粘膜の高さは、治癒期に2週間で2.7mm、4, 8および12週間後に3.0~3.5mmに増加した。対応する間隔で上皮の長さは、2.2~2.0mmの間で変化し、結合組織の接着のゾーンは1.7~1.1mmの間で変化した。

要約すると、人および動物実験から入手可能な研究の結果は一貫しており、インプラント周囲粘膜は約3~4mmの高さで約2mmの上皮を有していることを証明している。

臨床でのインプラント周囲組織の健康

経口環境下では歯肉およびインプラント表面上に存在するバイオフィルム中の微生物の継続的な曝露が歯肉およびインプラント周囲粘膜およびそれらの接着（シール）によって一貫して生じる。臨床的に正常なインプラント周囲粘膜（および歯肉）において、連続的な宿主応答は、血管イベントおよび細胞イベントの両方を含む。したがって、炎症細胞（T-リンパ球およびB-リンパ球）の小さなクラスターと同様に、上皮の側方の結合組織に明瞭な血管構造が生じる。マクロファージは全界面ゾーンに沿って存在するようであるが、多形核白血球は主に上皮のすぐ側の結合組織で生じる。

インプラント周囲組織のプロービング

長年にわたり、プロービング深度（PD）測定における歯周プローブの先端が歯肉 - 歯肉上皮の先端を特定する誤って仮定されていた。しかし、後の研究では、これが当てはまらないとされた。健康な部位では、プローブの先端は上皮障壁の頂端部分に到達することができなかったが、罹患部位では、プローブは炎症細胞の先端を通過した。したがって、PD測定は、プローブの侵入深さまたは軟組織によって提供される抵抗を評価する必要がある。

プロービング測定の結果に対するインプラント周囲粘膜の状態（健康、疾患）の影響を動物モデルで調べた。

Langらは健康な粘膜または粘膜炎の部位では、プローブの先端が約0.2mmの誤差を有するバリア上皮の頂端境界を特定したが、インプラント周囲炎の部位では、測定誤差が、1.5mmであると述べた。

AbrahamssonとSoldiniは、その後のイヌの研究で、歯とインプラントの頰側表面の健康な軟部組織へのプローブの浸透は、接合部/バリアの上皮の長さと同様であり、類似していると述べた。インプラントと粘膜

との界面をプロービングすると、軟組織のシールが切断され、接着の完全性が損なわれると想定された。この問題は、臨床検査後5~7日後に、軟組織シールが完全に再生されたことを文書化した犬研究で調べた。

ボーンサウンディング

骨の深度診査または経粘膜深度診査 (TS) は、様々な歯およびインプラントにおける軟組織カフ全体の高さを決定するために使用される測定値である。インプラント支持型シングルクラウン修復物で治療した部分無歯顎患者で主に行われた臨床測定によって、隣接する歯部位におけるインプラント周囲粘膜および歯肉の寸法を研究した。このような研究では、評価に使用された歯周プローブのブランドが特定され、PDならびにTS測定を用い、軟組織のいくつかの特徴を説明した。

このような研究の結果は、PDが、歯の部位およびインプラント部位の両方で顔面/頬側表面よりも近心で大きく、歯の部位よりもインプラントで大きいことを実証した。これは、インプラント周囲の軟組織カフが隣接する歯の歯肉よりもプロービングに対する抵抗性が低いことを示している。2つのタイプの軟組織におけるインプラント表面上の根元セメント質の欠如およびコラーゲン線維の配向の差異が、「プロービングに対する耐性」において観察された変化と関連していることを示唆する理由である。

TS測定は、インプラント周囲粘膜が、頬側/顔面および近心部位の両方において、対応する歯肉よりもほとんどの場合1.0~1.5mm高いことを開示した。「thick flat」の歯周表現型を有する患者は、「thin scalope」バイオタイプに属する被験体よりも大きなインプラント周囲粘膜寸法を示したことがさらに実証された。さらに、インプラント支持修復物と天然歯との間の乳頭の高さは、 $\leq 5\text{mm}$ であり、隣接する近心歯表面における結合組織接着レベルに関連すると報告されている。2つの隣接するインプラント修復物の間の対応する寸法は平均3mmであり、明らかに支持骨の頂点の輪郭に依存していた。

角化粘膜 (KM)

KMは、すべてではないが多くのインプラント部位に存在する咀嚼粘膜を表す用語である。KMは、インプラント周囲粘膜のマージンから可動の内層 (口腔) 粘膜に及ぶ。KMは、オルソケラチン化扁平上皮によって覆われた固有層 (線維芽細胞および等量のI型およびIII型コラーゲンを含有する線維性結合組織) からなる。歯の顔面/頬側のKMの幅は、対側のインプラント部位よりも約1mm大きい。抜歯後の歯槽骨の喪失がKMの喪失の主な理由であることが示唆されている。PDの基部のプローブで測定された顔面KMの厚さは、インプラントでは歯よりも大きい (それぞれ2.0mm対1.1mm)。

インプラント組織の健康状態を維持するために最小限の角化粘膜が必要であることは明らかに議論の余地がある。いくつかの研究では、最小量のKMが粘膜炎と関連していなかったが、他の研究では、プラーク堆積および周囲炎は、2mm未満のインプラント部位でより頻繁に起こることが示唆された。

インプラント周囲骨組織

無歯顎の骨組織

部分的に無歯の被験者を対象とした研究では、上顎および下顎から硬組織ドリルを用いて硬組織生検を採取した。骨組織には主に層状骨 (46%) と骨髄 (23%) との混合物が含まれ、繊維質 (12%) および骨質 (4%) 組織の量が少なかった。骨髄は上顎前歯部の主要な組織要素であり、高密度の層状骨は下顎前歯部

を特徴である。皮質キャップは一貫して層状骨からなり、上顎よりも下顎の方が広く（1.8mm 対 0.8mm）、前方下顎よりも前側上顎がかなり狭かった。

オッセオインテグレーション

オッセオインテグレーションという用語は Brånemark らによって造語され、光学顕微鏡レベルでの骨 - インプラント接触として記載された。その後、Albrektsson と Sennerby は、「生体骨と負荷を受けるインプラントの表面間の直接的、機能的および構造的結合」としてオッセオインテグレーションを定義した。動物実験では、c. p. チタンで作られたインプラントの周囲の硬組織の治癒のプロセスが記載されている。個々の装置は、表面形状が変更された固体スクリューの形状を有し、骨の内殖を可能にする U 字型の陥入（創傷チャンバ）を有していた。創傷チャンバーは、4 日後に炎症細胞および多数の間葉細胞および新生血管を含む肉芽組織で置換された凝固塊で最初に占められた。約 1 週間の治癒後、線維骨の指状突起は、チャンバーの中央の血管構造の周りに生じ、インプラントの小さな領域と直接接触した。2~4 週間後、チャンバーを古い骨から延在する繊維骨で充填し、チタンデバイスの表面に到達した。6~12 週間の間隔で、繊維骨は層状骨で置き換えられ、骨髄および骨とインプラントとの接触が確立された。実験終了時には、適度に粗いインプラント表面の約 60% がミネラル化骨で占められ、辺縁骨 - インプラント接触はアバットメント/インプラントレベルから約 0.3mm の位置にあった。さらなる前臨床試験により、ラフサーフェスが早期の骨形成および骨からインプラントへの接触を促進することが確認されている。ヒトの研究結果は、6 週間から 3 カ月の治癒期間の後に埋入されたインプラントの円周の骨（ミネラル化組織）接触が約 60% がであったことを文書化することによって動物の結果を確認した。

歯槽骨レベルの変化

インプラントの埋入および負荷に続き、骨のモデリングが行われ、この過程で骨の高さが失われる。動物における研究により、インプラント - アバットメント界面（マイクロギャップ）の位置が、この初期の周辺骨欠損の量を決定することが実証されている。したがって、この治療段階で発生する歯槽骨の減少は、明らかにブランドによって異なり、使用されるインプラントシステム的设计に関連していると思われる。この初期期間の後、約 75% のインプラントは追加の骨喪失を経験せず骨結合がとってかわる。骨喪失が 1mm を超えるほとんどのインプラント部位は、軟組織の炎症と関連しているようであるが、一部の部位は、明らかに健全なインプラント粘膜を有している可能性がある。

天然歯周囲とインプラント周囲の粘膜の主要な違い

インプラントは、根セメント質、歯周靭帯、および束骨（歯槽骨固有）などの歯の特徴的構造を欠いている。歯-歯槽骨および歯-歯肉の繊維束は軟組織と歯（根のセメント質）を結びつけますが、このような繊維束はインプラント周囲組織には見られない。歯周炎の部位では、歯肉縁はセメントエナメルジャンクションの外形に従うが、対応するインプラント部位では、粘膜マージンは歯槽骨の外形に従う（複数のインプラント）か、または隣接歯における結合組織付着に関連する（シングルインプラント）。歯は、そのソケット内で移動可能であり、インプラントは、周囲の宿主骨にしっかりと固定（強く固定）されている。

結	論
----------	----------

文献紹介

健康なインプラント周囲粘膜は、角質化された/されていない上皮のいずれかによって覆われた結合組織のコアからなる。インプラントの骨内部分の大部分はミネラル化骨と接触し、残りの部分は骨髄、血管構造または線維組織に面する。健康状態におけるインプラント周囲組織の特徴は、文献で適切に特定されている。インプラント周囲粘膜炎およびインプラント周囲炎の利用可能な定義によれば、インプラント周囲が健康であると結論付けるために臨床的炎症の徴候がないことが必要である

石倉 千尋 船登 彰芳