

文献

長年に渡ってアタッチメントメーカーはアタッチメントによる補綴物にはブレーシング構造を備えるよう推奨してきた。その理由は口腔内で加わる荷重に対して、補綴物が壊れないようするための保護装置として、また患者が補綴物を装着しやすくすることにあった。しかし、ブレーシング構造を備えたものであっても、アタッチメントが破折することがしばしば発生した。このようなタイプの構造の場合、製作時間が長くかかること及びコストが高いこともあって歯科医と歯科技工士間の問題となり、ひいてはメーカーとのトラブルにもなりかねない場合があった。スイスのアタッチメントメーカーである我々CM社は、この問題について慎重に検討を重ねてきた。過去数年間に問題が発生して我々のもとに送られてきた補綴物を詳細に調べた結果、補綴物は長期に渡って使用されていたので、ブレーシング構造が機能しなくなっている場合があることがわかった。多くのケースは、見た目にも技術的にも問題はないように思えるが、細かく見るとアタッチメントが保護されるようなデザインにはなっていないことが多い多々あったり、デザインが間違っていたり、適合性が悪かったり、鋳造物が良くないものもあった。

近代的な鋳造器を使用してもこういう鋳造不良が発生する可能性もあった。またノンブレーシャスマタルを使用してフレームを作成した場合、両側遊離端の症例の場合では特に適合性が悪くなるという点で問題が大きい。

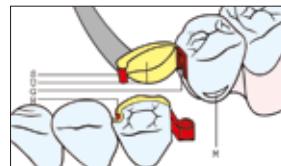


図1 歯冠外アタッチメントのブレーシング構造のデザイン



図2 ブレーシング構造が内蔵された
SG®アタッチメント



図3 ブレーシング構造が内蔵された
ミニSG®アタッチメント

ブレーシングアームの製作上の注意点

アタッチメントとスタビライザーが一体となって機能を果たすためにはスタビライザー(S)とアタッチメント(G)は鋳造ブレーシングアーム(U)と結合されなければならない。最遠心側のクラウンの舌側を補綴物の着脱方向に平行にミリングしなければならない。

ブレーシングアームのネック部のマージンラインはアタッチメントよりわずかに下部方向に長くしなければならない。これによって患者は補綴物のブレーシングアーム部を容易に挿入することができる。

係留歯の形態を可能な限り元の形に保つよう、係留歯の歯冠側の一部を円錐形にしなければならない。そして図1:Mのような部位に着脱のためのリムーバルノブかグループをつける。

スタビライザーとして自家製(ミリングバーを使用してミリングする)もしくは既成アタッチメント(プラス・CM社)を使用することができます。シングルクラウンの係留歯の場合、このスタビライザーはアタッチメントの180度反対側の部位に設置する必要がある。そして、連結冠の場合は歯間に設置する。重要なのはスタビライザー(図1:Hの部分)の直径の三分の二は係留歯の中になるように設置(力が加わったとき抜けないよう)することである。スタビライザーはアタッチメントに加わる力に対抗してアタッチメントを守ることができる。以上の背景からCM社では、このような装置を必要とせず、より時間が節約でき、費用のかからないミニSG®アタッチメントを開発することになった。

ミニSG®-Fアタッチメントの前のタイプであるSGアタッチメントは世界で初めてのスタビライザーを内蔵(メール部)した製品である。このアタッチメントのデザイン上の利点はプラスチックのインサート部をスクリューによって締めることで維持力を調整できる点にあった。そして比較的小型であるためスペースに限界がある場合でも使用可能となる。フィメール部は技工士によって形成されて鋳造することができる。

SGアタッチメントの大きな成功によって、新たにミニSG®アタッチメントが開発され1993年に市場に出荷された。このアタッチメントはメール部にも、フィメール部にもスタビライザーが内蔵された最初のアタッチメントであり、特許が取得された。

力学的分析

何故ミニSG®アタッチメントのデザイン原理が口腔内で加わってくる力に対して対抗できるのか、何故スタビライザーが不要となるのかに関する答えはスイスのベルンにある建築・工科大学において調査された有限要素法によって解明がなされた。

プレーシング構造の無いミニSG®-Fとプレーシング構造のあるリジッドアタッチメントと比較され、調査された結果、この二つには大きな違いがみられた。

ミニSG®-FアタッチメントはミニSG®アタッチメントの改良型であり、ミニSG®のすべての利点を備えている。チタン製のフィメール(ハウジング)はレジンボンディングのための維持がつけられており、1997年4月に市場に出されて以来、マーケットにおいて良好な評価を得ている。ハウジングに内蔵されたガイドはプレースサポートの代わりとなるのでワックスアップの手間が省け時間の短縮ができる。

図5のリジッドアタッチメントは歯冠外アタッチメントでメールとフィメールが正確に組み合わされており、このことが安定した動きの無い構造となって破折に対して抵抗を示すのである。今までメーカーは局部床義歯やブリッジの場合はミリングしたプレースサポートを設置するよう推奨している。

CM社では包括的な分析とテストによってミニSG®-Fがいかに安定しているかを確信していたし、構造上の強さはマーケットにおいてすでに評価されていたが、リジッドアタッチメントと比較した場合、弱いのではないかという危惧があったため、さらに社外の調査機関に分析してもらうことを決定した。



図4 ミニSG®-F:
フリクション構造を備えたプラスチックインサート



図5 歯冠外アタッチメント:
メールとフィメールはメタルでリジッドに連結されている

荷重方法

歯冠外アタッチメントは係留歯(支台歯)の遠心部に設置されるので、荷重の特徴としては高い曲げ力が加わることになる。

この荷重は義歯に加わる口腔内の咀嚼力によって発生し、リジッドアタッチメントを経由して支台歯に加わる。そして義歯と支台歯がリジッドに連結されたときに高い応力が発生することになり、荷重特性はこの連結様式と連結精度によって決定される。

義歯はアタッチメントばかりでなく支台歯にも荷重が加わらないようにデザインされるのが原則である。しかし、これは理想であって現実的でない。図6のCase Aのように2次的な支台歯が存在すれば荷重は平行に両方の支台歯に分配され咀嚼による荷重はアタッチメントと支台歯によって支持される。遊離端義歯の場合は(図7 Case B)咀嚼による荷重は歯肉によって主に負担される。歯肉の弾力によってわずかに義歯は回転する。結果的に、アタッチメントと支台歯は大きな曲げ荷重にさらされることになる。これらのイラストが示しているように支台歯とアタッチメント両方に悪影響を与えることとなる。このような場合にはしばしば高い咀嚼力にさらされメール部が破折するか、支台歯が折れて抜歯に至ることもある。この2種類のタイプ(メールとフィメールがメタルのタイプとミニSG®-Fのタイプ)のアタッチメントの様式に対する荷重の特徴は全く違ったものとなっている。歯冠外アタッチメントは、リジッドなメタル対メタルの連結様式であり、荷重はミリングしたプレーシングアームによって伝達される。

一方、ミニSG®-Fアタッチメントはフィメールのハウジング内に内蔵されたガイディンググループとプラスチックインサートによって連結されている。曲げ荷重が増加した場合、アタッチメントの一部として働くミリングによって製作されるプレースサポートは、荷重を分散させるためのスタビライザーとしての機能を果たすことになる。そしてクラシックなミリングされたプレーシング維持をもつリジッドアタッチメントとミニSG®-F(ガイドグループの機能をもつ)は、同じような機能が働くことになる。しかし、ハンドメイドのミリングによるプレーシングアームは不確かな鋳造、間違ったデザインによって口腔内において加わる種々のタイプの荷重に対抗できなくなる場合がしばしば起こった。

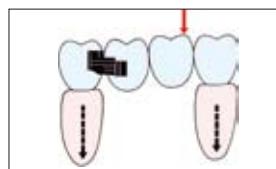


図6 Case A: 部分欠損義歯:
垂直には回転しない

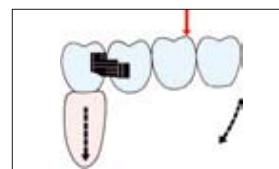


図7 Case B: 遊離端義歯:
歯肉の弾性によって回転の可能性がある

一方、ミニSG®-Fは既製のガイドグループを具備しており、厳格なメーカー品質基準によって製作されていることが大きな利点となっている。荷重はメールとフィメールの間にプラスチックインサートが入っていないメタルとメタルのリジッドアタッチメントの場合の方がより伝達されやすい。ということはリジッドアタッチメントの方がミニSG®-Fアタッチメントよりも、もっとリジッドであるということであり、大きな荷重を受けているといえる。さらに、リジッドアタッチメントの場合、義歯は歯肉よって支えられているが、充分回転できない(よりリジッドが高い)ので、さらに大きな力が加わることになり、特に遊離端義歯の場合これが当てはまることがある。荷重特性の様式はメールとフィメールの連結のリジッド度合いによって変わってくる。

一方、遊離端義歯でフィメールのハウジング内にわずかな緩衝がある場合は、歯肉によって荷重が吸収されることが可能となる。ミニSG®-Fの場合、内部にプラスチックによる極くわずかな緩衝があるので、この原理が当てはまることがある。この緩衝効果は義歯をわずかに回転させ、アタッチメントと支台歯の負担を少なくする(軽減する)。したがってミニSG®-Fアタッチメントの方がリジッドアタッチメントよりも応力をよりよくコントロールできる。

デザインの分析

これらの2種類のアタッチメントに対してスイスのベルンにある建築・工科大学でI-DEAS Master Serie Simulationを用いた分析がなされた。

2種類のアタッチメントの品質を比較した。使用した実験モデルは歯牙2本の片側遊離端義歯でフローを阻害しないようフィメールパートは義歯とリジッドに結合し、同一の遊離端義歯の双方のアタッチメントに対して垂直に荷重を加えた。この方法は義歯の最遠心部に加わる咀嚼荷重を再現し、最悪の状態をシミュレートするものであった。両方のアタッチメントに同等の荷重を加えることは咀嚼荷重に相当すると仮定した。この実験モデルでは、口腔内の状態をリアルに再現するように設計した。

図9に示したブレーシングアームは、極端に大きなものであり日常の臨床でこれほど大きなブレーシングアームを使用することはほとんどない。このように大きなサイズのブレーシングアームを実験に使用した目的は、リジッドアタッチメントがベストの状態で機能されるようにするためにあった。ブレーシングユニットはパーフェクト以上ともいえる状態に設計し、コンタクト面も最適にした。この設計はブレーシングアームから係留歯に荷重が速やかに且つ最適に伝達される状態を確実に再現している。これによってメールパートへの集中した荷重を避け、係留歯への負荷が分散される。両ケースともメール部分が重要な箇所であり、特に慎重に設計されている。

実験モデルは、コンピューターシミュレーションで正確な結果を得るために、支えとなるアーム部であるガイド部だけでなく、メール・フィメール・ミニSG®-F プラスチックインサートもボリュームエレメントという画像技術を使用し、コンピュータ上で設計するようにした。支台歯と義歯は、自動生成した4面体に製作された上でシミュレートした。メール部分とアバットメントクラウンとのコネクションは、実際の場合と同様荷重のフローは妨げられないため、コンピュータ計算において制約されたエレメントの中で製作された。フィメール部のハウジングと可撤性義歯とのコネクションのシミュレートも同様に行われた。

メールとフィメールの連結の主な特長は、プラスチックインサートとコンタクト面で、過度な負荷がかかるとガイドグループとメールパート間で抵抗力が働き、メールパートの危険な部分に集中した応力が加わらない構造に設計されている。

リジッドアタッチメントの場合も同様で、ブレーシングユニットで抵抗が働き、危険な部分(破折の危険)に集中した応力が加わらない構造となっている。

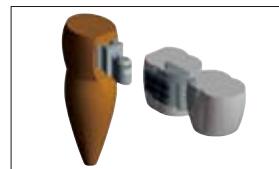


図8 ミニSG®-Fによるモデル



図9 リジッドアタッチメントによるモデル



図10 ミニSG®-Fの有限要素モデル

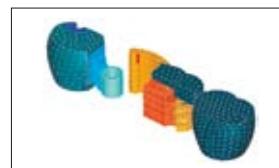


図11 リジッドアタッチメントの有限要素モデル

結果(評価)

最も危険な部分は、メールパーツに存在するためメールパーツについてデータの評価を実施した。2種類のアタッチメントの危険な部分の有限要素網は、同じ程度の適合性や品質を示し、この分析から定性的な評価が得られた。

この比較から同一条件であれば2種類のアタッチメントへ荷重が加わった場合の負荷状態が非常によく類似していることが分かる。

これらの結果は、条件や咀嚼による荷重が同一であれば、2種類のアタッチメントに加わる応力の程度が等しいことを示している。リジッドアタッチメントは、パーフェクトな条件で試験したことを示している。しかしリジッドアタッチメントの条件が最適でない場合には、ミニSG®-Fの負荷特性の方が優れているといえる。

特に荷重が大きい場合には、ガイドグループとプラスチックインサート(荷重を分散する)が存在することで係留歯にもアタッチメントにも有効であることがわかる。荷重がスムーズに加わり、負荷が最大値に達するまでは係留歯は大きな応力を受けにくくなっていることがわかる。リジッドアタッチメントの負荷特性は義歯、特に遊離端義歯の場合に大きなリスクがあり、この場合の設計には、完璧且つ、強力にミリングしたブレースサポートが不可欠である。しかし、スペースが充分でない場合や健康な歯牙組織のミリングを最小限に抑えたい場合は、このような設計が不可能なケースがほとんどである。

従ってミニSG®-Fメールパーツの方が破折しにくく、義歯も長期的に機能することになる。SGアタッチメントやミニSG®アタッチメントの設計原理に関する10年以上の経験の有効性が有限要素法分析で裏付けられた。

新しいステージ

新しいミニSG®アタッチメントシステムは、ミニSG®の設計原理を踏襲し、経済的、作業時間の短縮、装着後の信頼性など次世代のニーズを満たすアタッチメントである。メールパーツは、各種タイプのアタッチメントに対応可能で、係留歯(支台歯)には鋳接またはろう着が可能である。フリクションタイプ、リテンションタイプ、スクリュー維持、ラッチ維持さらには緩圧タイプの修復物も製作可能である。(※)

メールパーツは、共通であるため口腔内の状態に応じてアタッチメントを簡単に変更でき、コストも軽減することができる。

(※)日本では一部取扱いのないタイプも含まれております。

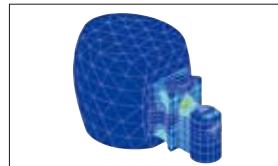


図12 メールパーツと係留歯:ミニSG®-F

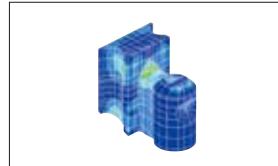


図13 ミニSG®-F:メールパーツ

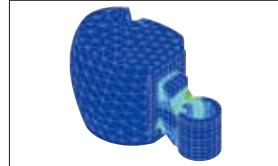


図14 メールパーツと係留歯:リジッドアタッチメント

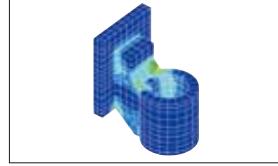


図15 リジッドアタッチメント:メールパーツ