インプラント/Implant

各種ミニインプラントの臨床応用および今後の展望について

武居 純

Clinical Application of Mini-Implants and Consideration of Their Future Prospect

Jun Takesue

Mini-implants, often referred to as temporary anchorage devices, have become an accepted component of orthodontic treatment.

Moreover, mini-implants for denture stabilization also become an excellent solution for the problem of loose fitting denture.

The author have been experienced a large number of mini-implants cases and achieved favorable outcomes. Furthermore, mini-implants can be applied for another use. For example, the author often applied this mini-implants for temporary anchorage devices to receive a removable partial denture in a healing period when placing osseointegrated implant. If the placed mini-implants receive all the occlusal forces, osseointegrated implant can be protected from any occlusal forces until osseointegration is achieved.

There are a number of case reports in the literature on complications caused by the placement and use of mini-implants. In the coming years, more case reports and randomized studies will likely demonstrate that the benefits of mini-implants, thus allowing the clinicians to expand the treatment options for all patients.

昨今、ミニインプラント（マイクロインプラントまたはミニスクリュー）は、一般臨床にも多く応用され、安定した治療結果を実現してきている。

現在ミニインプラントには大きく分けて、矯正治療用のアンカレッジとして暫間的に用いられるものと、総義歯の安定装置としてオーバーデンチャータイプの補綴として用いられるものに分けられる。

当院において双方とも数多くの症例を重ね、良好な結果を得られているが、それ以外の応用法としてもミニインプラントを一般臨床に実用化させている。たとえば、通常のインプラント一次オペ後の治癒を待つ期間に、ミニインプラントを義歯の維持装置として使用している。これはあくまでも暫間的な処置として使用するものであり、いずれは抜去するのであるが、その期間だけでも十分な効果が得られ、今では日常臨床に欠かせないものとなっている。

本稿では、これらの症例を紹介し、さらにミニインプラントの今後の展望についても考察したい。

Key words : ミニインプラント mini-implant マイクロインプラント micro-implant, ミニスクリュー mini-screw アンカレッジ anchorage

図1 従来法のMTM（最後臼歯部のアップライト）（林 治幸著：「臨床医のためのインプラント矯正入門」より抜粋）。

図2 ミニインプラントを用いたMTM（最後臼歯部のアップライト）（林 治幸著：「臨床医のためのインプラント矯正入門」より抜粋）。

緒言

「ミニインプラント」とは、一般的には矯正治療時に一時的に矯正の力を加える固定源としての役目専用で作られた、ごく細く短いチタン製のフィクスチャーのことを指す。しかし最近では広い意味も含めて、おもに下顎総義歯の維持装置として用いられるフィクスチャーなども含まれるようである。

用語としては、「ミニインプラント」「マイクロインプラント」「ミニスクリュー」など全世界的にはいまだ統一されてはいないが、おもに当システムが開発された韓国を中心に「マイクロインプラント」と呼ばれ、一方、欧米を中心にした文献などでは「ミニインプラント」または「ミニスクリュー」という用語で呼ばれることが多いようである。著者は、客観的な見地で考えた上で、国際的にも通用するであろうと思われる「ミニインプラント」という用語を用いて、当システムに対する臨床応用と、今後の展望について考察したい。

ミニインプラントは最近とくに米国での普及が著しく、米国市場において2007年には約30%以上の伸び率を示し、その収益は2,000万ドルを越えたという¹⁾。この伸び率は通常のインプラントを越えており、ミニインプラントの需要がいかに高まってきているか、ということを示す何よりの証拠であると思われる。ミニインプラントは通常のインプラントに比べて、①麻酔が少量で済む、②1回の処置で完了する、③来院当日に摂食が可能、④フラップレスで処置できる、⑤疼痛がほとんどない、などの利点があるため、通常のインプラントの経験が浅い臨床医でも取り掛かりやすいことが、世界的にもこれだけ普及してきている要因ではないかと考えられる。

このミニインプラントを数年前から臨床に取り入れてか

ら、著者のMTMに対する考え方は劇的に変化した。

たとえば、われわれ歯科医師がもっとも頻繁に遭遇するであろう症例のひとつに、「下顎第一大臼歯の欠損による第二大臼歯の近心傾斜」というものがある。この問題を解決するためには、今までのMTMでは各歯牙にブラケットを装着し、時には反対側まで固定源を求めながら、当該歯をコイルスプリングを用いてアップライトさせていく、という方法が一般的な考えであった。しかしながら、この場合だと下顎小臼歯部にアンカレッジロスのトラブルを起こすというリスクを回避することができなかった²⁾（図1）。これが、たとえばミニインプラントを用いて近心傾斜した下顎第二大臼歯をアップライトさせる場合には、従来法のMTMと比べて、以下のような利点が挙げられる²⁾（図2）。

1. 可能な限り小さな装置で済むため、患者に受け入れてもらやすい
2. 従来法のMTMにありがちなアンカレッジロスのトラブルがなく、動かしたい歯に加わる矯正力だけに注意すればよい³⁾
3. 埋入が簡単で術式が簡便である
4. 矯正治療の途中で再埋入がいつでも可能である
5. 目標が達成され不要になれば、いつでも簡単に除去できる

これらの利点をふまえたうえで、著者が日常の臨床で応用している当システムの症例をいくつか紹介させていただきたい。

症例

I. 矯正治療で用いるミニインプラント

症例：54歳、女性

初診：平成18年3月13日

主訴：「左側でまったく物が噛めない」

図3 左下のブリッジは、歯牙が著しく舌側傾斜されたまま補綴処置が施されているためすれ違い咬合になっており、まったく物が噛めない状態である。

図4 傾斜移動を行う場合の埋入位置とパワーチェーンのかけ方 (林 治幸著:「臨床医のためのインプラント矯正入門」より抜粋)。

図5 動かしたい方向に向かってミニインプラントを埋入させる (林 治幸著:「臨床医のためのインプラント矯正入門」より抜粋)。

1. 口腔内所見 (図3)

左側は完全なすれ違い咬合を呈している。上顎第二大臼歯は頬側傾斜しており、また、下顎臼歯部には他院にて治療を受けたゴールドブリッジが装着されているが、下顎左側第二大臼歯が著しく舌側傾斜しているまま補綴を行っているため、対合歯とはまったく接触していない。それどころかポンティック部でも対合歯との接触がなく、第二小臼歯部での咬合接触が最後方となっている。

2. 診断結果

著者はまず診断用模型 (Diagnostic Wax-up) を製作し、この咬合をどこまで回復できるかを診断した。その結果、上下の最後臼歯部は咬合高径が不十分であることが判明したため、残念ではあるが上下最後臼歯を便宜抜髄し、歯冠高径の短い補綴物を装着すれば、ミニインプラントによるMTMを用いた咬合回復が可能と判断した。その旨を患者に説明し、治療の承諾を得るにいった。

3. 傾斜移動について

ミニインプラントを用いた傾斜移動で歯牙を移動させる場合の埋入部位の設定理論はいたってシンプルである。歯を動かしたい方向の、歯頸部から約3～5mm離れた部分に埋入すればよい。そしてそのミニインプラントにパワー

チェーンをかけて当該歯を一周させ、ふたたびミニインプラントにかければ、パワーチェーンの力によって歯牙はその方向に向かって傾斜移動していく (図4, 図5)。

途中で歯を動かす方向を訂正したい場合、または歯が移動したことによってミニインプラントにぶつかり始めたときなどは、ミニインプラントを抜去して再埋入すればよい。

4. 治療経過

たとえば頬側傾斜している上顎第二大臼歯を元に戻す場合、著者は最初は当該歯の近心隅角付近の口蓋歯肉に埋入していたが、歯牙が傾斜移動するにしたがって手前の歯である第一大臼歯に近付き過ぎていることがわかった。そのため、今度はミニインプラントを一度抜去して遠心隅角付近の口蓋歯肉に再埋入している。これで約1ヵ月半で当該歯を目標とする位置まで動かすことができた。その後はパワーチェーンを弱い力で保持し、歯が後戻りしないよう約2ヵ月弱の保定期間を設けたうえで、ゴールドクラウンにて最終補綴を行った (図6)。

一方下顎は、まず第三大白歯は咬合に関与しておらず、しかも上顎歯肉にすでに接触しているほど延出していたため抜歯した。ゴールドブリッジを切断して第二大臼歯の抜髄処置を行った後、当該歯の遠心頬側部にミニインプラン

図6 著しく傾斜している上顎左側第二大臼歯部の口蓋歯肉にミニインプラントを埋入し、パワーチェーンの力でアップライトした。途中でミニインプラントは埋め替えている。

図7 著しく舌側傾斜している下顎左側第二大臼歯部の頬側歯肉にミニインプラントを埋入し、パワーチェーンの力でアップライトした。途中でミニインプラントは埋め替えている。

トを埋入し、歯牙移動を開始した。途中で歯が移動したことによりミニインプラントにぶつかってきたので、何度かさらに頬側へと再埋入した。こちらも約2ヵ月ほどで目標とした位置まで歯を移動できた。その後ミニインプラントを抜去してプロビジョナルレストレーションにてさらに約2ヵ月ほど保定したのちに、セラミックブリッジにて最終補綴を行った(図7)。その結果、大臼歯部でも咬合できるようになり、患者は「まったく噛めなかった左側で何でも噛めるようになった」とたいへん満足した(図8)。

Ⅱ. 補綴治療で用いるミニインプラント

同じミニインプラントでも、補綴治療で用いる場合もある。適応症は限られてくるが、おもに下顎総義歯のオーバーデンチャータイプの維持装置として用いることができる。通常は、左右オトガイ孔間に4本のミニインプラントを埋入し、義歯の前歯部床下粘膜面にこれと呼応するメタルハウジングを埋め込んで義歯を安定させるものである。この方法でミニインプラントを用いる場合、従来のインプラントと比べて以下のような利点がある。

図8 術前および術後写真。

図9 下顎前歯部に4本のミニインプラントを埋入して下顎総義歯の維持装置として使用した症例。

1. フラップレスで行うため外科的侵襲が少なく、高齢患者にも安心して応用できる
2. 骨幅が狭く従来のインプラントが埋入できない場合でも適応できる
3. 即時荷重がかけられるため、その日から義歯を使うことができる
4. 治療費が安くすむため、患者にも勧めやすい

症例：83歳 女性

初診：平成15年10月4日

主訴：「下の総入れ歯が安定しない」

1. 現症

患者は、それまでも数件の歯科医院にて下顎総義歯を製作してきたがどれも満足しなかったとのこと。歯科医院での義歯製作を繰り返すという、いわゆる「デンチャーコレクター」であった。

2. 診断結果

咬合床内面の形態からもわかるとおり、下顎両側の臼歯部は歯槽堤がほぼ平坦で、義歯が安定させられる要素が乏しい。そこでミニインプラントによって義歯の維持安定をはかることを提案させていただき、全身状態を把握するために内科医と連携を取りながら、治療を進めていくことにした。

3. 治療経過

下顎総義歯をセットする日に、局所麻酔下にて下顎前歯部に4本のミニインプラントを埋入した。術中はモニターを装着して血圧や心電図を把握しながら進めたが、通常の局所麻酔下で、約20分程度で4本のミニインプラントを埋入することができた。そのため外科的侵襲もほとんどなく治療を終えることができた。埋入した日から即時荷重を

かけ、患者には新しい下顎総義歯を使用してもらった。

患者は、義歯が動かず一定の位置で安定しているので「数十年ぶりに何でも噛めるようになった」とたいへん喜んだ。その後約4年の月日が経っているが、今のところ何の問題もなく患者は義歯を使用している（図9）。

Ⅲ. 応用編～暫間的にミニインプラントを応用する方法～

さらに応用編として、著者は通常のインプラント治療の際にこのミニインプラントを暫間的に使用する場合もある。たとえば、臼歯部遊離端の複数歯欠損にインプラント治療を施した場合、一次手術が終了してオッセオインテグレーションが確立されるまでの治療期間の間、フィクスチャー間の適当な位置にミニインプラントを1本埋入し、このミニインプラントで仮義歯の咬合圧のほとんどを負担させるという方法を取っている。

このいわゆる「暫間ミニインプラント」を応用すると、以下のような利点がある

1. インプラント一次手術後、最終補綴にとりかかるまでの間、今まで使用していた義歯をそのままお使いいただくことができる
2. 咬合圧を義歯下のミニインプラントがすべて負担するため、骨内のインプラント（フィクスチャー）に余分な負担をかけることがない
3. オッセオインテグレーションが確立されるまでの間、わずか数ヶ月間だけ持ってもらえればよい
4. 二次手術を行い上部構造を取り付ける際にいつでも除去できる

症例：54歳、女性

初診：平成19年1月17日

図 10 インプラント一次手術が終了してオッセオインテグレーションが確立されるまでの治療期間の間、フィクスチャー間の適当な位置にミニインプラントを1本埋入し、このミニインプラントで仮義歯の咬合圧のほとんどを負担させている症例。

主訴：「左下奥歯にインプラント希望」

1. 治療経過

当院にて左下臼歯部の欠損部にアストラテックインプラントを4本埋入した。そしてこのうち、2本目と3本目のフィクスチャー間にミニインプラントを1本埋入して、使用中の局部床義歯の粘膜面にメタルハウジングを取り付けて、一次手術後も引き続き義歯を使えるようにした（図10）。

このままの状態約4ヵ月待ち、二次手術を行ってアバットメント（Healing Abutment Zebra）を取り付ける際にミニインプラントを除去した。その日のうちにZebraアバットメントにプロビジョナルレストレーションを取り付けた。そのため患者は、インプラントの治療中、歯がないまま帰ることは一日もなく治療を進めていくことが可能であった。

考察

現在急速に普及しつつあるミニインプラントであるが、今後さらに考察されるべき点が多くある。そこで著者は、既出の数多くの論文の中から「今わかっていること」とまとめ、今後の展望について考察を行ってみた。

まずは「ミニインプラントの即時荷重は是か非か？」という問題である。これはよく著者も質問を受ける内容であ

るが、Melson.et al⁴⁾らの文献をはじめ多くの実験論文が「即時荷重をかけても問題ない」と述べている。日本国内のメーカーによっては「数週間は荷重をかけないほうが良い」と謳っているところもあるが、著者は今まで数多くのミニインプラント症例をすべて即時荷重にて行ってきたが、まったく問題なく良好な結果を得ている。

次によく比較検討される問題が、「ミニインプラントの直径は何mmが望ましいか？」という話題である。現在は国内でも数多くのメーカーがミニインプラントを販売しているが、どのメーカーのミニインプラントも直径約1mm程度から約2.5mm程度のものまで実にさまざまなバリエーションがある。もちろん細い方が外科的侵襲は少ないので用いやすいが、維持力がなければ意味がない。2003年のMiyawaki.et al⁵⁾らの実験では、直径が1.0mm、1.5mm、2.3mmの3種類のグループに分けた合計134本のミニインプラントの経過を追っていったが、直径1.0mmのグループの荷重1年後の成功率は、直径1.5mmおよび2.3mmグループのそれと比べると極端に悪かったことが判明した。この実験結果から、ミニインプラントの直径は少なくとも1.5mm以上はあるほうが望ましいと考える。また、ミニインプラントには大きくわけてテーパータイプのものとしリンダータイプのものであるが、2006年のYano.et al⁶⁾らの実験によると、テーパータイプのものでしリンダータイプのものであった。この実験結果から、ミニインプラントの直径は少なくとも1.5mm以上はあるほうが望ましいと考える。また、ミニインプラントには大きくわけてテーパータイプのものとしリンダータイプのものであるが、2006年のYano.et al⁶⁾らの実験によると、テーパータイプのものでしリンダータイプのものであった。この実験結果から、ミニインプラントの直径は少なくとも1.5mm以上はあるほうが望ましいと考える。また、ミニインプラントには大きくわけてテーパータイプのものとしリンダータイプのものであるが、2006年のYano.et al⁶⁾らの実験によると、テーパータイプのものでしリンダータイプのものであった。この実験結果から、ミニインプラントの直径は少なくとも1.5mm以上はあるほうが望ましいと考える。

また「脱落することはないのか？」という質問もよく受けるが、正直、ミニインプラントが脱落してしまう症例は稀ではあるが存在する。とくに上顎骨の場合にそのリスクは高まってくる。既出の数多くの論文などから、ミニインプラントの成功率（非脱落率）は従来のインプラントに遜色ない程度の成功率を得てはいるものの⁷⁾、患者にはつねに「脱落する可能性もある」ということは事前に説明しておかなければいけない。

しかしながら、ミニインプラントの場合には、たとえ脱落したとしても、すぐまた近接した部位に再埋入することが可能であるため、それもまた逆説的な「利点」となりえるのである。著者はミニインプラントを埋入する際には途中から手で回しながら埋入する。そのため、手指に伝わる抵抗力の大きさで、おおよその骨の硬さが判別できるようになった。そこで、たとえば埋入時に明らかに抵抗力が少なくスルスルと入っていく感覚を感じた場合には脱落するリスクが高いと考え、その場でミニインプラントを一

度抜き、2～3mm離れた部位に再埋入するようにしている。すると、2～3mm離れただけでも意外と硬い部分を発見するようが多い。このように「初期固定が難しい」と判断した場合には、「勇気ある再埋入」をすることによって、後に生じるトラブルを最小限にとどめることができるようになる。

ミニインプラントのリスクファクターとしては、従来のインプラントと同じく、やはりプラーク沈着による歯肉炎症がわかっている。つまり長期にわたり良好な状態を維持するためには、やはりミニインプラント周囲のプラークコントロールを適切に行う必要がある⁷⁾。

結論

このように、ミニインプラントには数々の使用法があり、使い方次第では無限の可能性を秘めている画期的な方法であるといえる。

しかしながら、従来のインプラントに比べてその歴史がまだ浅いことと、各国の各メーカーが新システムを続々と開発中のため、世界的に確立されたグローバルスタンダードがまだ存在していない、というのも事実である。

今後さらなる研究が必要であり、より一層の発展を期待したい。

参考文献

- 1) DENTAL TRIBUNE _The World's Dental Newspaper. Japan Edition, 4 (7), July, 2008.
- 2) 林 治幸：臨床医のためのインプラント矯正入門。砂書房（東京），2007。
- 3) 林 治幸：歯牙移動，歯牙移植，外科矯正を取り入れた補綴処置—インプラントを矯正のアンカレッジとして利用する—。デンタルダイヤモンド，363：157-163，2002。
- 4) Melsen, B. and A. Costa：Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. Clin Orthod Res，3 (1)：23-8. 2000.
- 5) Miyawaki, S., I. Koyama, et al.：Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 124 (4)：373-8. 2003.
- 6) Yano, S., M. Motoyoshi, et al.：Tapered orthodontic miniscrews induce bone-screw cohesion following immediate loading. Eur J Orthod, 28 (6)：541-6, 2006.
- 7) Park, H. S., S. H. Jeong, et al.：Factors affecting the clinical success of screw implants use as orthodontic anchorage. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 130 (1)：18-25, 2006.