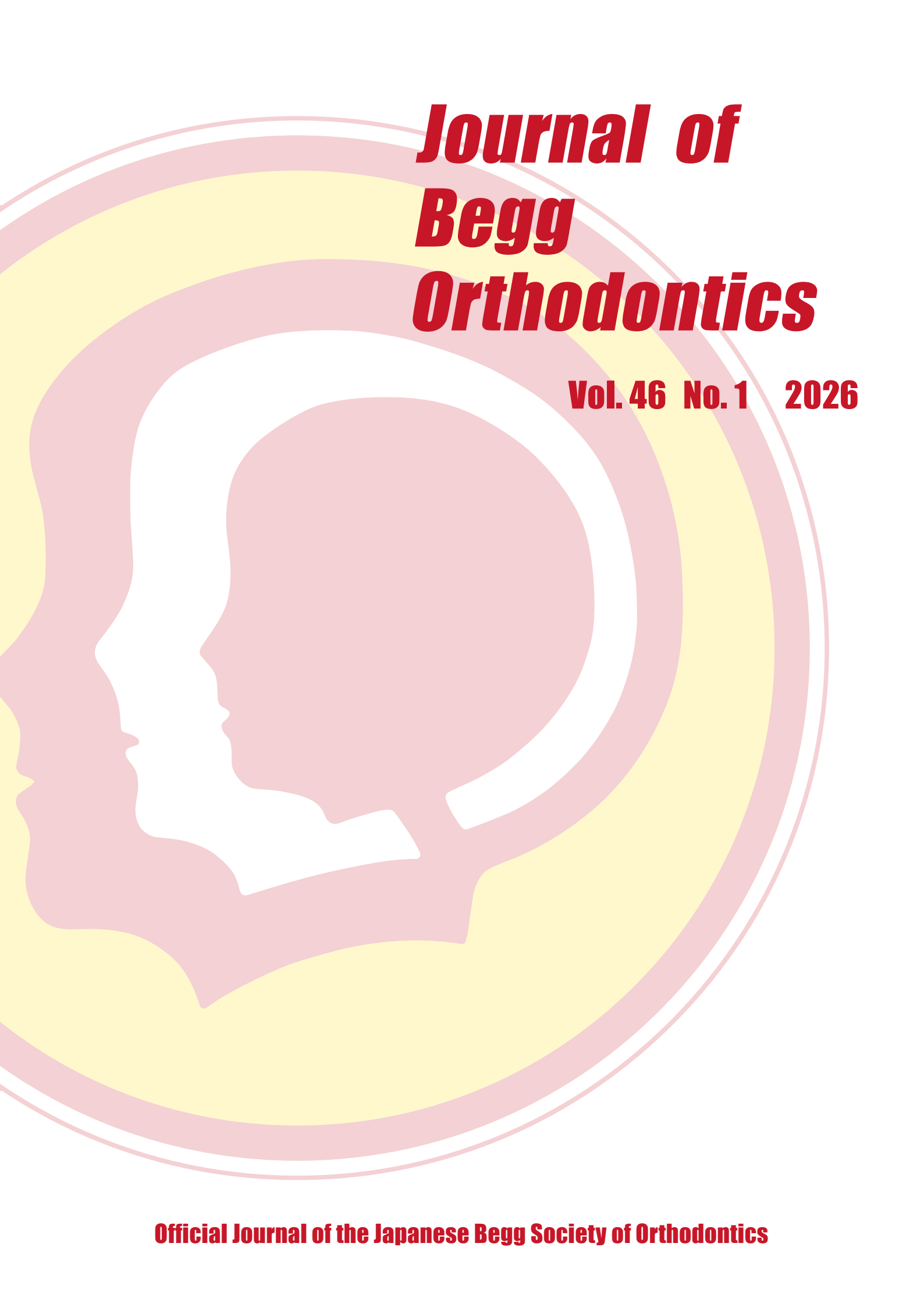




Journal of Begg Orthodontics

Vol. 46 No. 1 2026

Official Journal of the Japanese Begg Society of Orthodontics

特定非営利活動法人 日本ベッグ矯正歯科学会

理事長	亀田剛	会計監事	岡木秀生
副理事長	山本耕一		岩寺環司
理事	総務 今井勝己	名誉理事長	亀田晃
	学術 佐藤吉夫		
	編集 栗原洋平		
	認定 秋山陽一		
	財務 小林英樹		
	広報 四辻登		
評議員			
〔東京本部〕	〔北海道支部〕	〔新潟 KB 支部〕	〔西日本支部〕
塩浜康輝	山本耕一(支部長)	藤巻秀敏(支部長)	阪本貴司(支部長)
鈴木聰	海老沼稔	富樫正利	安井滋一(支部長代行)
渡辺眞生	河合篤史		岩尾徹
松本秀彦			飯田誠治
吉光啓司			
山木昭秀			

THE JAPANESE BEGG SOCIETY OF ORTHODONTICS

President	Takashi KAMEDA			
Vice-President	Koichi YAMAMOTO			
Directors	Katsumi IMAI	(General affairs division)		
	Yoshio SATO	(Committee on Scientific Program)		
	Yohei KURIHARA	(Editor-in-chief)		
	Yoichi AKIYAMA	(Committee on Speciality Certification for Authorized Orthodontist)		
	Hideki KOBAYASHI	(Treasurer)		
	Noboru YOTSUJI	(Committee on Liaison and Domestic Affairs)		
Auditors	Hideo OKAGI			
	Kanji IWADERA			
Honorary President	Akira KAMEDA			
Councilors				
<u>Tokyo area</u>	<u>Hokkaido area</u>	<u>Niigata KB area</u>	<u>Nishinippon area</u>	<u>Kyusyu area</u>
Yasuteru SHIOHAMA	Koichi YAMAMOTO	Hidetoshi FUJIMAKI	Takashi SAKAMOTO	Ryutaro HIGASHI
Satoshi SUZUKI	Minoru EBINUMA	Masatoshi TOGASHI	Shigekazu YASUI	Kenichi KAWABATA
Masaiku WATANABE	Atsushi KAWAI		Toru IWAO	Seiji IIDA
Hidehiko MATSUMOTO				
Keiji YOSHIMITSU				
Akihide YAMAKI				

CONTENTS

REVIEWS

Key Updates in Contemporary Orthodontic Practice — Retention Strategies, Reconsidering Aligner Therapy in the Digital Era, Regulatory Considerations, Risk Management for MRI, and Disinfection Practices —	Takashi KAMEDA 3
--	------------------

CASE REPORT

Three age-specific cases treated with the KBT multibracket system	Chisato KOBAYASHI 24
Orthodontic Treatment of Dental Crowding Using Maxillary Lateral Incisor Extraction and Canine Morphological Modification: A Case Report	Yohei KURIHARA 29

総 説

いま知っておきたい矯正歯科臨床の要点 — 保定戦略、デジタル化の課題を踏まえたアライナー再考、 薬事上の留意点、MRI 検査時のリスク管理、および消毒戦略 —

亀 田 剛

日本歯科大学新潟生命歯学部歯科矯正学講座

Key Updates in Contemporary Orthodontic Practice — Retention Strategies, Reconsidering Aligner Therapy in the Digital Era, Regulatory Considerations, Risk Management for MRI, and Disinfection Practices —

Takashi KAMEDA

Department of Orthodontics, Nippon Dental University school of Life Dentistry at Niigata

はじめに

治療は一度開始すれば、特別な事情による中断がない限り、終了するまで継続しなければならない。なかでも矯正歯科治療は治療期間が長くなる傾向にあり、動的治療の終了後には、さらに“保定”というきわめて難しいステージが待っている。

近代歯科矯正学の父とされる Edward H. Angle (1855-1930) は、「保定は極めて重要であり、有能な矯正医が最高の技術を尽くしても困難である。それは動的治療中のいかなる問題よりも難しい (1907)」と述べている。また John V. Merzshon (1867-1953) は、「矯正治療における歯の最終的な位置づけは自然への挑戦であり、人間は決して自然の力に勝てない (1936)」と語り、さらに Charles A. Hawley (1861-1929) は、「動的治療終了後、治療結果の保定を責任をもって担ってくれる人物がいるなら、その者に治療費の半分を渡したい (1919)」と述懐している¹⁾。

このように、時代や地域を問わず「保定は極めて重要であるにもかかわらず、極めて難しい」「正解がなく、患者の協力度も得にくい」という認識は一貫しており、初心者から熟練医までを悩ませ続けてきた最大の課題といえる。

本総説では、実際の臨床状況を踏まえながら、

- ・ 保定方法および装置選択における臨床判断の考察について整理する。あわせて、
- ・ デジタルデンティストリーから見たアライナー治療の課題と効果的活用
- ・ 薬事上の留意点: 未承認品・適応外使用の実務対応
- ・ 矯正装置装着患者の MRI (Magnetic Resonance Imaging) 施行に伴うリスク管理
- ・ 消毒用アルコールに関する動向とより効果的な選択

についても、現場で知っておくべき要点を概説する。

これらの内容は、「すべては患者さんのために」という本学会の理念の実践に不可欠であると同時に、社会に貢献し得る矯正歯科治療を持続的に推進していくための重要な指針となることを願う。

保定方法および装置選択における臨床判断の考察

a) 保定装置の役割と種類

保定 retention (語源はラテン語 retinēre = re- [後ろに・逆に・しっかり] + tenēre [つかむ、保つ] で、「しっかりつかんで離さない」= 保持する・留めておく) とは「動的矯正治療によって適正に位置づけられた歯・歯槽部および歯列・咬合関係を長期にわたって安定させるための処置」と定義されており²⁾、そのための後戻りを防ぐための装置が保定装置である (図 1)。

保定装置は、可撤式 (患者自身に取り外し可能なもの) と固定式 (患者に取り外せないもの) に大別される。

可撤式保定装置のうち、「歯をその位置にとどめる」ための装置としては、床タイプのリテーナーが広く用いられている。具体的には Begg タイプリテーナーや Hawley タイプリテーナーがあり、前者は抜歯閉鎖部位が術後に開いた場合でも容易に閉鎖でき、唇側ワイヤーが 1 本のため構造がシンプルである。Hawley タイプリテーナーは、開大したスペースの閉鎖にはあまり向かないが、アダムスクラップを組み込むことで萌出中の臼歯にも対応可能である。前歯部の唇側ワイヤー、臼歯部のクラップ、および床で構成される。また、アライナーの原型ともいえる invisible retainer もこの範疇に含まれ、透明の樹脂製で歯にかぶせるタイプのため、基本的に調整はできない。いずれの装置も、抜歯・非抜歯症例の双方で使用可能である。

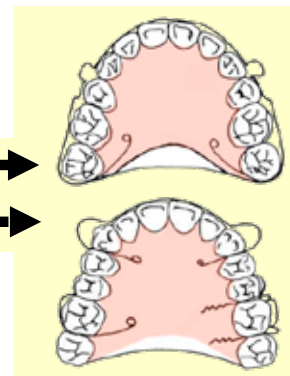
可撤式保定装置には、「歯を微小範囲で動かした

歯をその位置にとどめる装置

・歯列全体を保持する：に可撤式

床タイプリテーナー Beggタイプリテーナー →

Hawleyタイプリテーナー →



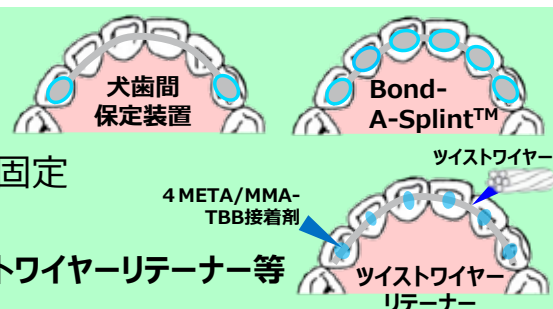
Invisible
retainer

・局所を保持する：固定式

1-1、2-2、3-3、4(5)-4(5)間の固定

主なもの：犬歯-犬歯間保定装置

Bond-A-Splint™ ツイストワイヤーリテーナー等



歯を小さい範囲内で動かしながら保定する装置

Tooth positioner

その他；スプリングリテーナー



図1 保定装置の役割と種類

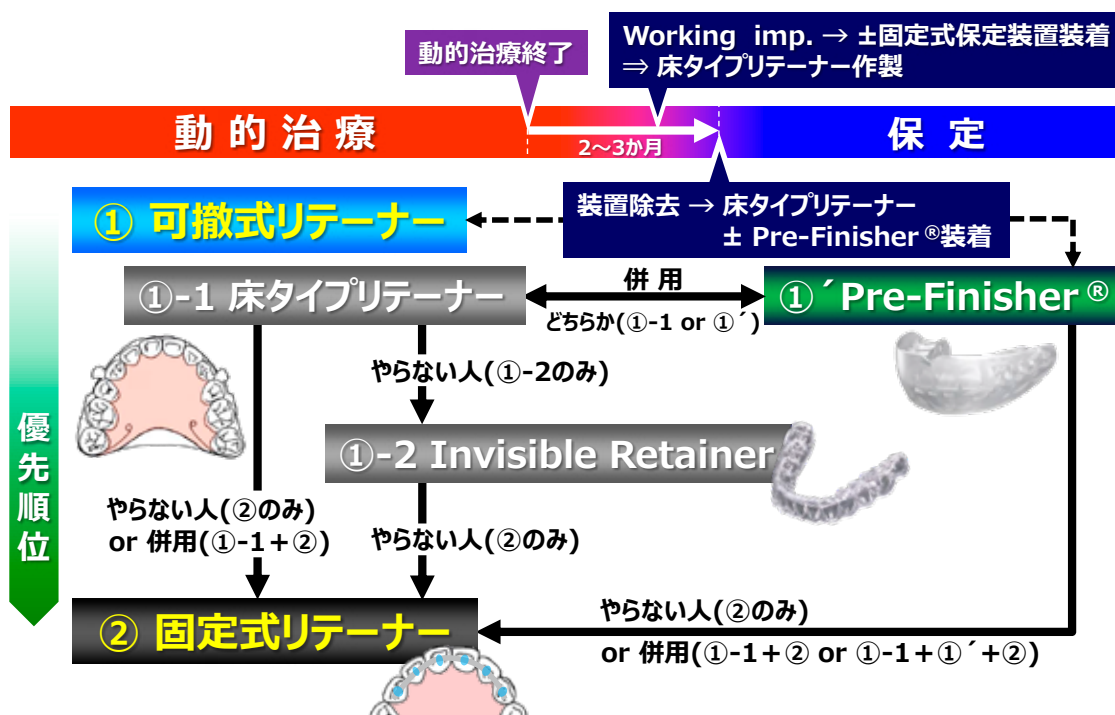


図2 保定装置の選択

から保定する」タイプの装置も存在する。これらは主に tooth positioner と呼ばれるものであり、Pre-Finisher[®] (TP 社) をはじめ、単純なマウスピース状装置やダイナミックポジショナーなどが含まれる。Pre-Finisher[®] は歯冠先端 1/3 程度が入るソケット部と対応する斜面板を備え、咬む力で歯を微小に動かすため、機能的矯正装置的な側面を持つ。材質は塩化ビニル (polyvinyl chloride : PVC) 系樹脂である。ダイナミックポジショナーはセットアップ模型に基づき作製され、樹脂の弾性を利用して残存する叢生を微小に移動させるもので、現在普及しているアライナー治療に通じる要素を有する (アライナーは後発)。材質は主にポリウレタンやシリコンゴムである。単純なマウスピース状装置も、基本的には同様の材料が用いられる。これら三者は外観が類似しているものの、作用機序や使用目的は異なるため、臨床においてはその位置づけを明確にした上で選択する必要がある。なお、その他の装置として、下顎前歯部の軽度叢生再発に対応するスプリングリテーナーも存在する。これは 3 ~ 3 のセットアップ模型を基に作製され、唇側および舌側のワイヤーの弾性力によって、レジン形状に沿って歯を微調整する仕組みを有する。

一方、固定式保定装置は、通常、歯面の舌側に直接接着して使用する。主に 1 ~ 1、2 ~ 2、3 ~ 3、4 (5) ~ 4 (5) 間の固定に用いられる。代表的な装置には、犬歯間保定装置、Bond-A-Splint[™] (TP 社)、twist wire retainer (ツイストワイヤーリテーナー : spiral wire retainer と呼ばれ、近年は Flexible Spiral Wire [FSW] retainer と表記されることもある) などがある。

b) 保定装置の選択の優先順位

保定装置の選択に関する基本的な手順を図 2 のフローチャートに示す。フルバージョンの手順では、動的矯正治療がほぼ終了した時点で、前歯部舌側にツイストワイヤーリテーナーを装着する。その後、装置除去までの期間 (およそ 2 ~ 3 か月) に床タイプリテーナーをあらかじめ製作しておく。マルチブラケット装置を除去した時点で、床タイプリテーナーを装着し、さらに自宅での併用に Pre-Finisher[®] を患者に合わせて調整して渡す。なお、ツイストワイヤーリテーナーの装着や Pre-Finisher[®] の使用は任意であり、通常は床タイプリテーナーのみを使用するケースが多い。

しかし、「はじめに」で述べた通り、保定は時代や地域を問わず「極めて重要であるにもかかわらず非常に難しい」「明確な正解がなく、患者の協力度も得にくい」という認識が共通しており、初心者から熟練医までを悩ませる最大の課題である。特に、可撤式保定装置は患者自身の装着・使用に依存するため、十分に使用してもらえないことが多い。

そのため、保定装置の選択は、患者の協力度や症例の特性に応じて柔軟に行うことが重要となる。基本的には床タイプリテーナーが中心となることが多いが、

効果や臨床経験に基づく通常症例での保定装置の優先順位は、まず tooth positioner (Pre-Finisher[®]) が第一選択となり、その次に床タイプリテーナー (単独もしくは併用) が位置づけられる。床タイプリテーナーの代わりとしてインビジブルリテーナーを用いる場合もあり、最後にツイストワイヤーリテーナー (単独もしくは併用) が検討される (図 2)。以下、各保定装置を患者が十分に使用してくれない場合を想定しながら、選択の考え方と各装置の詳細について解説していく。

c) 床タイプリテーナーから invisible retainer という選択

保定装置としてのいわゆる第一選択であり、最も一般的に使用されているのが床タイプリテーナーである。患者が指示通りに装着してくれる場合、特に抜歯症例において有効である。また、後から唇側ワイヤーを屈曲することで、歯のわずかな唇舌的傾斜移動を行うことも可能である。抜歯症例では、Begg タイプリテーナー (circumferential [環状型] type, wraparound [全周型] type) を用いることで、抜歯閉鎖部位にわずかにスペースが生じた場合でも、テイクアップループを狭めることで容易に調整が可能である。

床タイプリテーナーは、PMMA (polymethyl methacrylate : ポリメチルメタクリレート [アクリル樹脂]) による床部とステンレス線で構成され、製作には手間がかかり、外注した場合はそれなりの技工料が必要となる。通常は、最初の 1 年間はできる限り長時間の装着を求め、その後の 1 年間は夜間のみ装着というのが一般的である。さらに、来院ごとに装置の調整が必要となる。外注した場合、多くのケースでは床部が舌側歯面の中央付近まで覆った状態で製作されるが、基本的には歯頸部まで床を削合して使用する必要がある。これを行わないと、咬合や舌の機能に伴う歯の微細な移動が制限されてしまう。成人症例において下顎前歯部の後戻りが懸念される場合には、後戻り防止を目的として、その部分の床だけ歯にかかる状態に残すこともある。いずれにせよ、Pre-Finisher[®] ほどではないにせよ、床タイプリテーナーも実際には患者が十分に使用してくれないことが多いという現状がある。

こうした状況を踏まえると、患者が最も装着してくれる可撤式保定装置は、invisible retainer といえる。この装置は見た目が良く、精神的・肉体的負担が少ないうえ、印象採得からリテーナー作製まで数時間で対応可能である。さらに、真空吸引成型器を使用すればコストもほとんどかからない。一方で、歯の移動や微調整は基本的にできないという明確な制限があることも理解しておく必要がある。使用にあたってはいくつか工夫が必要である (図 6)。作業模型は、リテーナー作製後も繰り返し使用できるように硬石膏で作製する。使用するシート材は材質 (主な材質はポリ

ジュで舌側傾斜させて終了した症例など、必ずしも理想的な歯軸で治療を完了していない症例には適応しないため、注意が必要である（図4）。また、本装置の材質はPVC系樹脂であるため、アルコール系薬剤による消毒は禁忌である。アルコール消毒は、PMMAとの併用も禁忌とされている（図5）。

加えて、咬み込む動作により唾液分泌の促進や口腔周囲筋の健康維持^{3,4)}、顎の発育支援、小顔効果、オーラルフレイル予防などへの一定の寄与も期待できる。また、床タイプリテーナーを技工に依頼する場合と比較して、費用が抑えられる点も利点の一つである。

以上より、症例が適合し、かつ患者の協力度が高い場合には、Pre-Finisher[®]は非常に有効な保定装置で

あるといえる。

e) 固定式保定装置という選択

特に成人症例の下顎前歯において、治療前の叢生が重度であった場合には、固定式保定装置が最も有効である。動的矯正治療によって移動させた歯を、装置撤去後に再び動かさないという点において、固定式保定は極めて優れた方法といえる。一方で、その強固な固定という利点が、生体機能への適応や清掃性の低下などの問題点と表裏一体となることも事実である。

固定式保定装置にはいくつかの種類が存在するが、装置自体が大きいものは清掃性が低下し、う蝕リスクが高くなる。そのため、基本的にはツイストワイヤーを用い、粉液タイプの4-META/MMA-TBB 接着剤

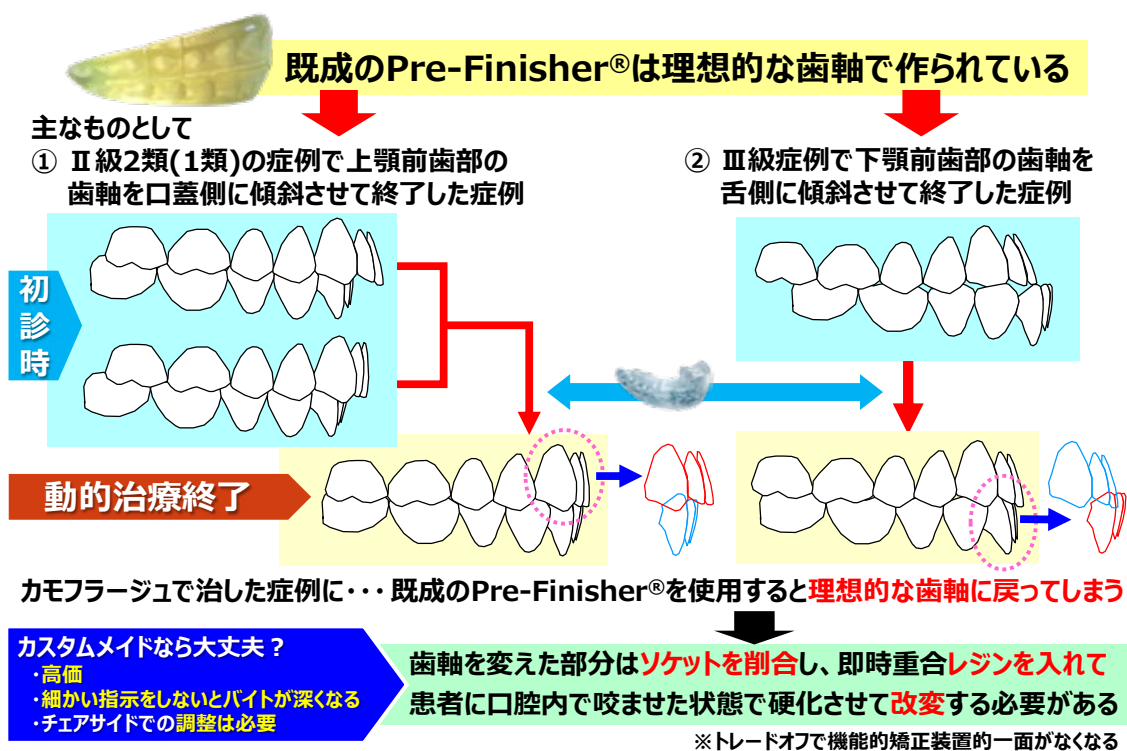


図4 Pre-Finisher[®]の使用上の注意点

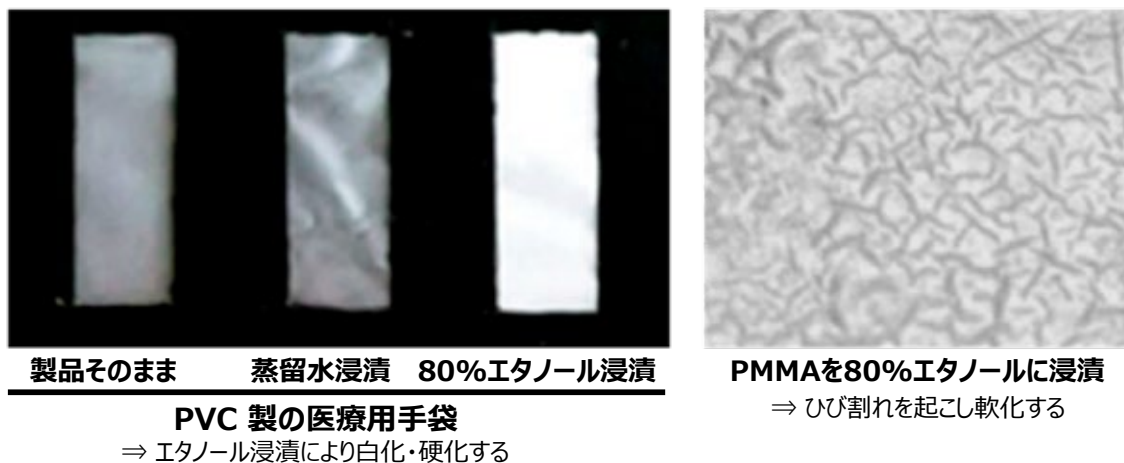


図5 アルコール消毒剤の樹脂へ適応する際の問題点

(4-[2-methacryloyloxyethyl] trimellitic anhydride/methyl methacrylate-tri-n-butylborane; 市販製品としては スーパーボンド® [サンメディカル社]) により舌側歯面へ直接固定するツイストワイヤーリテーナーを標準と考えてよい。

使用を避けるべき症例としては、動的矯正治療終了時のオーバージェットが小さく、上顎前歯舌側に下顎前歯が接触している場合、あるいは両者間のクリアランスが極めて狭い症例が挙げられる。このような症例では、上顎前歯舌側に装着したワイヤーを下顎前歯が咬み込んでしまい、装置の脱離を招くため、固定式保定装置の使用は困難である。

作製上の注意点として、経験が浅い場合には、該当する前歯部のみでも作業模型を作製し、その舌側形態に沿わせてワイヤーを屈曲する方法が望ましい。ただし、 β -チタンワイヤーと同様に、ツイストワイヤーは弾性に富んでおり、時間の経過とともに元の形状に戻ろうとする性質が強い。そのため、屈曲後は一定時間を置いてから再調整を行い、その後に接着することが推奨される。

使用時の注意点としては、舌側に装着されるため清掃性が低下しやすく、良好な口腔衛生状態の維持が必須となる。また、来院のたびに装置の脱離の有無を丁寧に確認する必要がある。特に、両端ではなく内側の1歯のみが脱離している場合には、患者・術者ともに気づきにくく、放置すると高い歯肉リスクにつながる

ため注意が必要である。さらに、上顎舌側に装着する場合には、犬歯誘導を含む側方運動が適切に機能しているかを確認することも重要である。

加えて、この種の固定式保定装置は、歯肉リスクのみならず、「歯が動かない」という利点の裏返しとして、保定期間中に生じる生体の機能的適応に伴う歯の移動までも制限してしまう。その結果、早期接触が生じ、顎関節症 (TMD; Temporomandibular Disorder) を誘発する可能性も否定できない。したがって、可能であれば早期の除去が望ましいが、臨床的には通常、最低1年間の装着が必要となる。

f) 後戻りについての考察

動的矯正治療終了直後の歯は不安定であり、不正咬合が再発しやすい状態にある。一般に relapse (再発) とは、治療によって改善された状態が治療前の状態に戻ろうとする現象を指す。語源はラテン語 relabi (re- [再び、後ろへ] + labi [滑る、落ちる]) に由来し、「再び後ろへ滑り落ちる」、すなわち再度不良な状態へ戻るといったイメージを表している。他の医療分野では relapse を「再発」と訳すのが一般的であるのに対し、歯科矯正領域ではこれを「後戻り」と訳して用いてきた経緯があり、その結果、relapse = 後戻りという用語が現在も広く使用されている。

この「後戻り」には、発生頻度や生じやすい部位に一定の傾向がある。過去の報告によれば、良好に治療が完了し、かつ保定を遵守していた症例であっても、

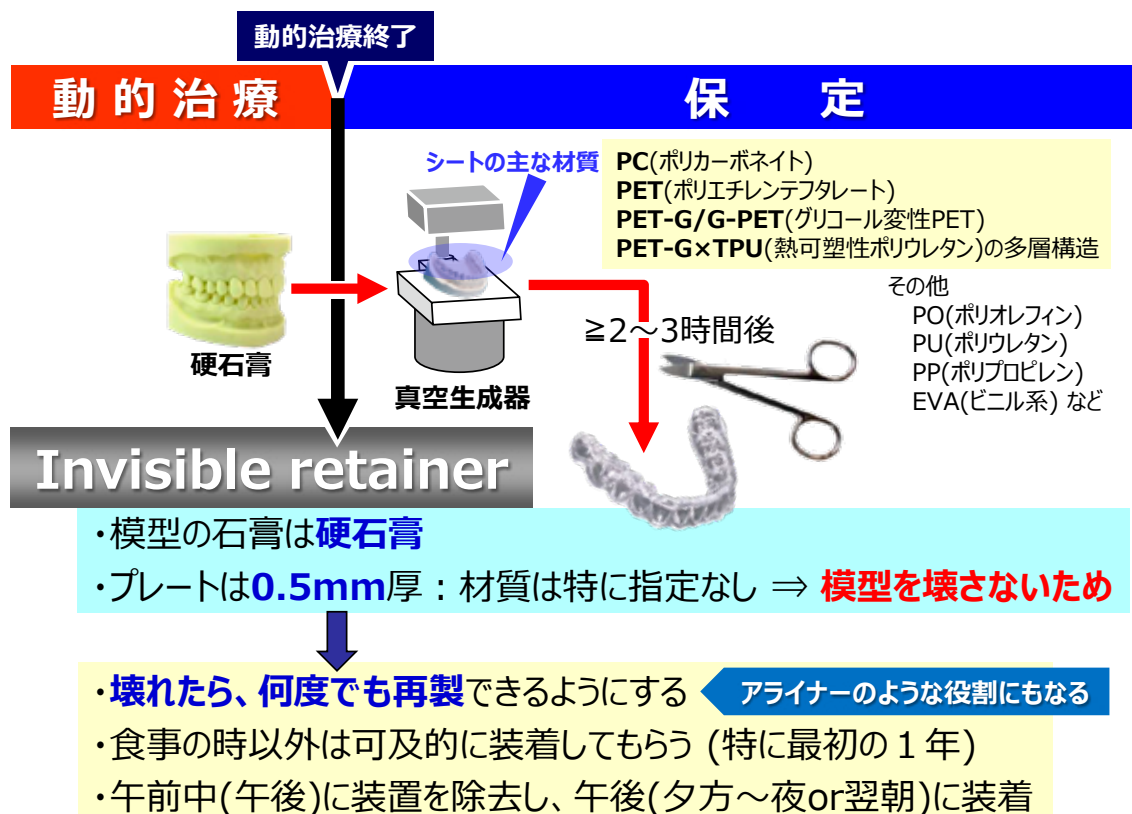


図6 Invisible retainer の使用上のポイント

約 66% (およそ 3 分の 2) に後戻りが認められたとされている¹⁾。後戻りは一般に非抜歯症例で生じやすいとされ、その一因として、歯列を無理に排列している症例が含まれる可能性が指摘されている。しかし近年では、健康寿命の延伸や QOL (Quality of Life) の向上、さらにはオーラルフレイル予防の重要性が強調されるようになり、不要な抜歯を避け、患者本来のバランスを損なわず、老化を早めない治療方針が重視されてきている^{5,6)}。その結果、非抜歯矯正の割合が増加しているのは、自然な流れといえる。なお、興味深い点として、最も頻度の高い下顎切歯部叢生の後戻りに関しては、抜歯・非抜歯の間に差はないとする報告もある¹⁾。

後戻りが生じやすい部位としては、前歯部、特に下顎前歯部が中心となる。一方、臼歯部は咬合が確立していれば比較的后戻りは生じにくいとされるが、歯列の構造上、上顎は頬側へ、下顎は舌側へ傾斜しやすい傾向を有する。これらの現象は、歯列や顎骨の形態、ならびに作用する力をバイオメカニク的に考慮すれば、きわめて自然な結果である (図 7)²⁾。

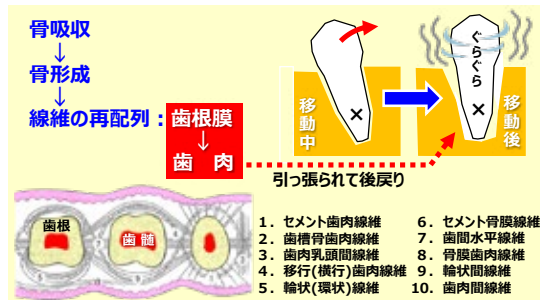
ここで一つ、改めて検討しておきたい問題がある。臨床場においては、「十分に咬合に参加していない半埋伏あるいは埋伏下顎智歯 (第三大臼歯) が前方歯列を押し、前歯部に後戻り (叢生) を生じさせるため、予防的に抜歯すべきである」といった説明がなされる

ことが少なくない。すなわち、「智歯の萌出力が原因となり、矯正歯科治療後の前歯部叢生の再発、あるいは加齢に伴う叢生の悪化が生じるため、智歯抜歯が必要である」という考え方である。しかし、智歯は完全な大白歯の歯冠形態や歯根形態を有さないことが多いとはいえ、保存することにより、将来的に再植や歯の移動などを通じて咬合支持や咬合効率の改善に寄与する可能性を有している歯でもある。問題を生じていない歯を安易に抜歯しないことは、オーラルフレイルの予防、健康寿命の延伸、さらには QOL の向上という観点からも望ましいと考えられる。では、「前歯部叢生を防ぐために智歯は抜歯すべきである」という主張は、果たして科学的根拠に基づくものなのであろうか。

この点については、すでに過去の臨床研究により一定の結論が示されている⁷⁾。結論から述べれば、前歯部叢生の予防あるいは改善という観点において、智歯抜歯に有意な効果は認められていない。冷静に考えれば、矯正歯科治療後の歯列全体を前方へ移動させ、あるいは加齢に伴う叢生を悪化させるほどの力が、智歯の萌出力として存在するとは考えにくい。仮にそのような強い力が存在するのであれば、智歯が埋伏したまま存在すること自体が説明困難となる。また、矯正歯科治療中にしばしば経験される「歯の移動に伴い、埋伏歯が自然に萌出してくる」という現象も生じないはずである。歯の萌出機構については、歯根膜の牽引

なぜ後戻りは起きるのか？

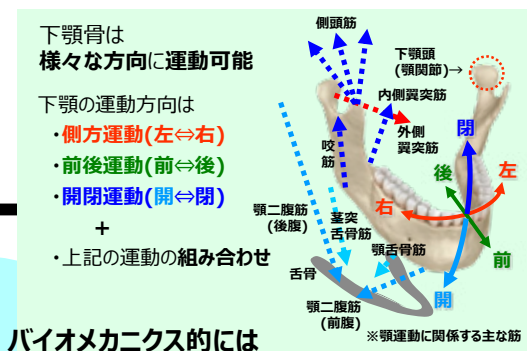
① 歯の移動に伴う組織変化のタイムラグ



ある意味… 生体の機能への適合

後戻りが起きない方が問題！

動的治療後の咬合が、
個体にとって**ベストな状態**とは言い切れない
↓
機能を営む中での歯の動き(後戻り?)
= **生体機能への適合**
と考えた方がよい
↓
歯が動くことによって、**TMDなどの問題を回避**
⇔ 反面、**叢生などが起こる**



② バイオメカニクス的には 噛む+顎運動に伴う咬合力による歯の移動

③ 解剖学的な構造からのバイオメカニクスの問題

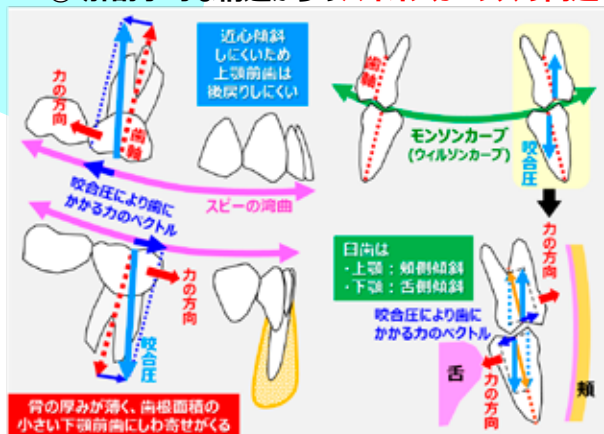


図 7 後戻りは本当に「悪」なのか？

力、歯根形成に伴う力、歯導管との関連など、さまざまな仮説が提唱されているものの、いずれも決定的な説明には至っていないのが現状である。これらの知見および臨床的観察を総合的に考慮すると、「智歯の萌出力が、矯正歯科治療後の前歯部叢生の再発、あるいは加齢に伴う叢生の悪化の原因となる」という仮説は、基本的に成立し得ないと考えられる。例外的に想定される状況としては、半埋伏下顎智歯の歯冠が口腔内に露出し、上顎対合歯と咬合して早期接触を生じている場合であろう。しかし、この場合であっても、下顎智歯の近心傾斜が進行し、接触が解除される範囲までしか隣接歯を押すことはできず、TMD になりかねないし、仮に前歯部に影響が及ぶとしても、その叢生は極めて軽度なものにとどまると考えられる (図 8)。

では、このような下顎智歯は抜歯すべきなのであるか。一般的には、智歯周囲炎への罹患、智歯または隣接歯のう蝕、口臭や歯周疾患の原因となっている場合には、抜歯が妥当であると考えられる (図 8)。また、正常に萌出していたとしても、対合歯である上顎智歯が存在せず、咬合する歯を欠いたまま咬合平面を超えて萌出している場合には、状況に応じて抜歯を検討する必要がある (図 8)。一方、水平埋伏智歯については、明らかな病変や症状を伴わない限り、必ずしも積極的に抜歯する必要はなく、経過観察で対応可能な場合も多い。以上より、問題を生じていない、あるいは明確な悪影響を及ぼしていない智歯については、前歯部叢生の予防を目的として抜歯する必要はないと結論づけられる^{7,8)}。

以上を踏まえて、後戻りの是非について整理しておきたい (図 7)。後戻りが生じる理由は、大きく二つ

に分類できる。一つは、歯の移動に伴う組織変化のタイムラグによるものである。すなわち、骨吸収から骨形成、さらに歯根膜や歯肉を含む線維系組織の再配列が完了するまでの間に生じる後戻りであり、これは「望ましくない後戻り」と位置づけられる。もう一つは、咬合や顎運動に伴う機能的負荷が歯に作用することで生じる、生体力学的・機能的適応としての歯の移動である。これはむしろ自然な現象であ

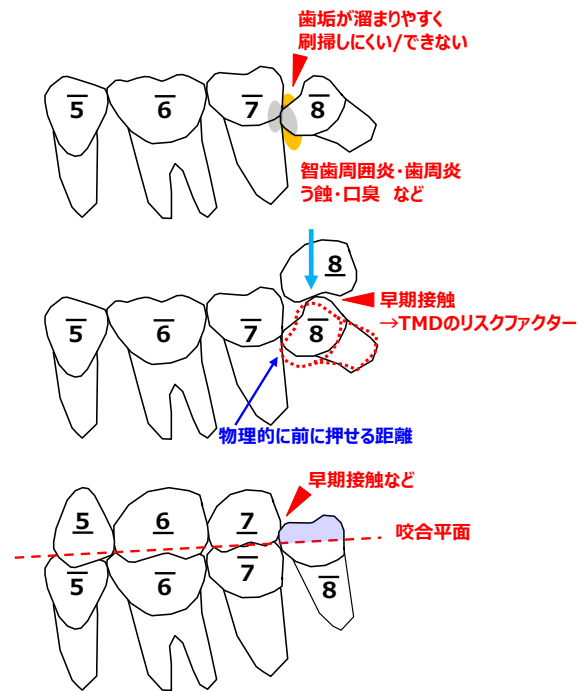


図 8 下顎智歯の抜歯を考えるべきケース



図 9 後戻りの傾向から見た後戻りしにくい工夫

り、全く生じないことの方が問題であるとも考えられる。すなわち、動的矯正治療終了時の咬合が必ずしも個体にとって最適であるとは限らず、機能の中で歯の位置や傾斜が「後戻り」として微調整されることは、生体がTMDなどのトラブルを回避するための適応反応と捉えることができる。この意味では、「生体機能への適合による後戻り」と理解する方がより合理的である。これに関連して、動的治療終了後には、TMD対策の一環として咬合調整を行うことが望ましい。

ただし、この適応過程の中で叢生などの形態的問題が生じる場合もある。そのように後戻りが明らかとなった際には、前歯部のみを対象としたIPR (Interproximal Reduction: 隣接面削合) を併用したMTM (Minor Tooth Movement) による再排列など、現実的かつ可及的に低侵襲な対応が適切であろう。

後戻りを最小限に抑えるための工夫については、図9および図10に整理して示したので、参考にされたい。
g) 保定装置とアライナーの違い

このように見てくると、tooth positioner、invisible retainer、そしてアライナーはいずれも連続性をもって発展してきた装置であり、互いに無関係ではないことが理解されるだろう。アライナーは突然登場したものではなく、歴史的・構造的にこれら装置と相互に関連している (図11)。

大まかに分類すると、マルチブラケット装置の延長線上にはダイナミックポジショナーやアライナーが

位置づけられ、機能的矯正装置の延長線上にはPre-Finisher[®]が存在する。言い換えれば、アライナーとはinvisible retainerにマルチブラケット装置の機能を付与したもの、あるいはダイナミックポジショナーを上下顎に分割し、デジタル技術を用いてinvisible retainerに近い形態へ置き換えたものと捉えることもできる。この点において、Pre-Finisher[®]は機能的に全く別の装置であり、異なる様式のものとして位置づけられる。

一方で、アライナーは見た目の利点に加えて、材質や力学特性など構造的な制約から生じる欠点も有しているのが現状である。これらの詳細については、次章にて述べる。

デジタルデンティストリーから見たアライナー治療の課題と効果的活用

a) アライナーの問題点

アライナーは、見た目が良く、取り外しが可能であるという利点を持つ一方で、その利点を上回る多くの問題点を抱えている。審美的志向の強い矯正歯科治療の中でも、アライナー矯正はとりわけ“美容医療的”側面が強く、一般消費者向けの広告宣伝と結びつきやすい。そのため、過度な宣伝や誤解を招く情報提供が行われやすい領域でもあり、実際に全国でアライナー矯正を悪用した詐欺的事案が発生し、逮捕者が出るなど社会問題化しているのが現状である。

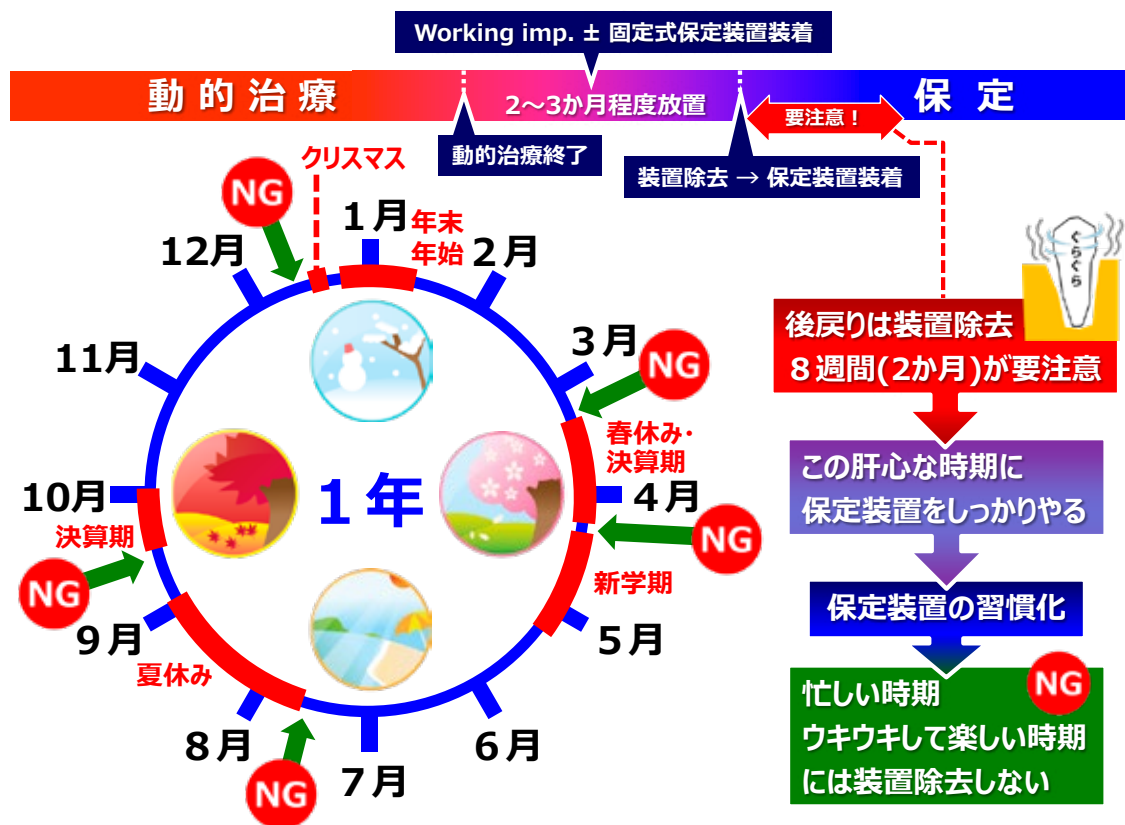


図10 後戻りを少なくするための装置を外す時期

さらに、治療結果が得られないことによるトラブルも増加傾向にあり、「治らない」「噛めない」などの理由で訴訟に発展した例も報告されている。こうした背景には、装置特性の過大評価や適応症例の見極め不足、アライナーのみならず矯正歯科治療に必要な知識や技量を十分に有していない歯科医師による介入など、複数の要因が関与していると考えられる。

まずシステム上の問題として、責任の所在が不明瞭である点が挙げられる。すなわち、治療結果や不具合が生じた際に、誰が診断を行い、誰が最終責任を負うのかが明確でないケースが散見される。実際、アライナー矯正における診断・治療計画の多くが、歯科医師ではない者や背景の不透明な体制によって作成されている可能性があり、この構造的な不透明さは大きなリスク要因となっている。シミュレーションに使用している AI (Artificial Intelligence : 人工知能) 技術もかなり進歩してきており、診断支援ツールとして有用となりつつあることは事実である。しかし、最終判断を AI に委ねてよいわけではない。車の自動運転における「究極の判断 (例えば、歩行者を守るか運転者を守るかの二択など)」を人間が担う必要があるのと同様に、矯正歯科治療における診断と治療計画の決定は、歯科医師自身が自らの責任のもとで行うべきである。AI はあくまで補助的役割に留まり、最終的な臨床判断を代替するものではない。AI は責任を取ってくれない。このように、システム構造の不透明さと責任の分散は、アライナー矯正特有の本質的なリスクであり、今後さらに議論と整備が求められる。

次に、歯科医師側の問題として、矯正歯科治療に必要な基礎的知識が十分でないままアライナー治療を

行ってしまうケースがある点が挙げられる。アライナーは「比較的簡便に導入できる矯正手法」と誤解されやすく、その結果、矯正歯科治療に不可欠な診断学、力学、生体材料学といった基本的素養を十分に備えていない歯科医師でも参入しやすい構造を生んでいる。しかし矯正歯科治療においては、生体力学・バイオメカニクスの理解とその臨床応用が治療成否に直結する最重要事項であり、この基礎が欠落したまま治療に臨むことは本来あってはならない。さらに、使用している器具・機材、その製造過程に潜む問題、ならびに材料特性について十分な理解を持つ歯科医師は決して多くない。仮に知識としては知っていても、それを実際の臨床判断や治療計画に適切に反映しきれていない現状も見受けられる。すなわち、装置や材料の性質を「使いこなせていない」という問題である。

加えて、アライナーは技工費用が高額であるため、治療費が必然的に高くなり、患者負担が大きくなるという経済的な問題も避けて通れない。こうした複数の課題が重層的に絡み合い、アライナー矯正の医療安全性や治療水準に少なからず影響を及ぼしている。

次に、前述とも関連するが、装置そのものの材質・製造方法・メカニズムに起因する問題がある。アライナーは構造上、歯を移動させられる方向に明確な制限があり、適応症例の範囲が狭い。また、樹脂製であるがゆえに金属よりも物性が劣り、その結果として歯の移動効率が低く、治療期間が長期化する傾向にある。これは材料科学的に避けようのない特性であり、どれほど工夫しても樹脂が金属の力学特性に勝ることはない。また、本来は患者固有の病態や長期的利益を最優先すべき治療方針決定が、アライナーという装置特性

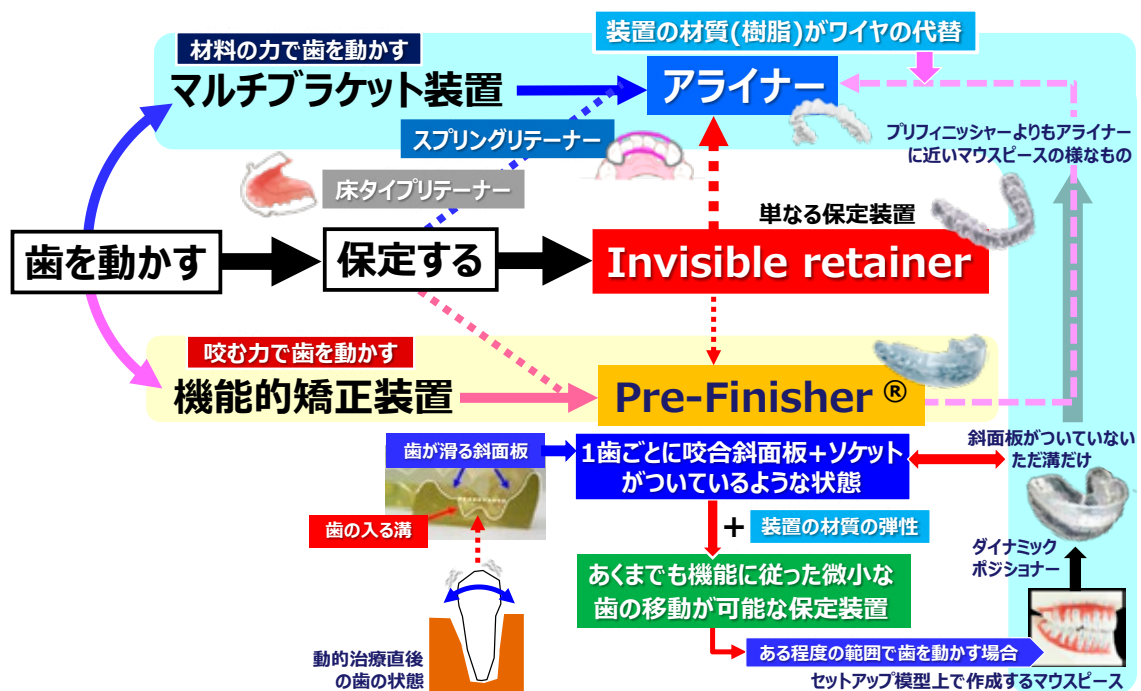


図 11 保定装置とアライナーの関係

や設計上の制約を優先して影響を受ける事例、すなわち本来は非抜歯方針が妥当と考えられる症例における便宜的あるいは非標準的な変則的な抜歯が散見されることも否定できない。これらの状況は、患者のQOLや健康寿命の向上、さらにはフレイル予防の観点から看過し得ない課題であり、医療の本質的理念に照らしても慎重な再考を要する課題である。マルチブラケット装置のように、ワイヤーのレールに沿って精密に歯を移動する方式とは異なり、アライナーでは「歯列に樹脂製のシェルを嵌め込み、その弾性力で歯を動かす」という構造的制約が常につきまとう。この点こそが、アライナーの本質的かつ越えがたい限界である。

また、装置の特性上、アライナーは原則として1日20時間以上、ほぼ終日の装着が求められることから、装着に伴う不快感も臨床上無視できない問題である。口臭、装着・使用に伴って生じるアライナーの不快感、および装着開始時の疼痛に加え、近年では、アライナーによって覆われた口腔内環境が嫌気性菌の増殖を助長し、齲蝕や歯周病のリスクを上昇させる可能性が指摘されている。これらの問題は、アライナーの構造や使用様式に起因する側面が大きく、完全な回避は困難と考えられる。さらに、歯の内部から褐色調の変色を呈する症例が報告されており、その詳細な機序については現時点では十分に解明されていない。アライナー矯

正は比較的新しい治療法であることから、このような予期せぬ不具合や長期的影響については、治療法の特徴および歴史的背景を踏まえると想定されるものであり、今後さらなる慎重な検討と不具合症状の蓄積が必要である。

したがって、医師はこれらの制約とリスクを十分に理解したうえで治療選択を行う必要がある。患者に対してもメリットだけでなく、構造上の限界や潜在的リスクについて正確かつ丁寧に説明し、必要に応じて代替治療法を提示することが不可欠である。

b) 背景にあるデジタルデンティストリーの問題点

アライナーの製作方法を図12に示す。この工程には複数の本質的な問題が潜んでいる。

まず、口腔内スキャナーによる口腔内形状の採得についてである。これはスキャナーの構造および計測原理に起因する問題であり、大きく二つに分けられる。

第1の問題は、二次元画像から三次元データを再構築する方式そのものにある⁹⁾。口腔内スキャナーは、ジャイロセンサー等を用いて位置関係を補正しているものの、実際には1歯あたり数百〜数千枚程度の二次元画像を撮影し、最大一致面積などのアルゴリズムを用いて画像を重ね合わせることで三次元データを生成している。二次元情報から三次元形態を再構築する手法である以上、原理的に誤差の混入を避けることはで

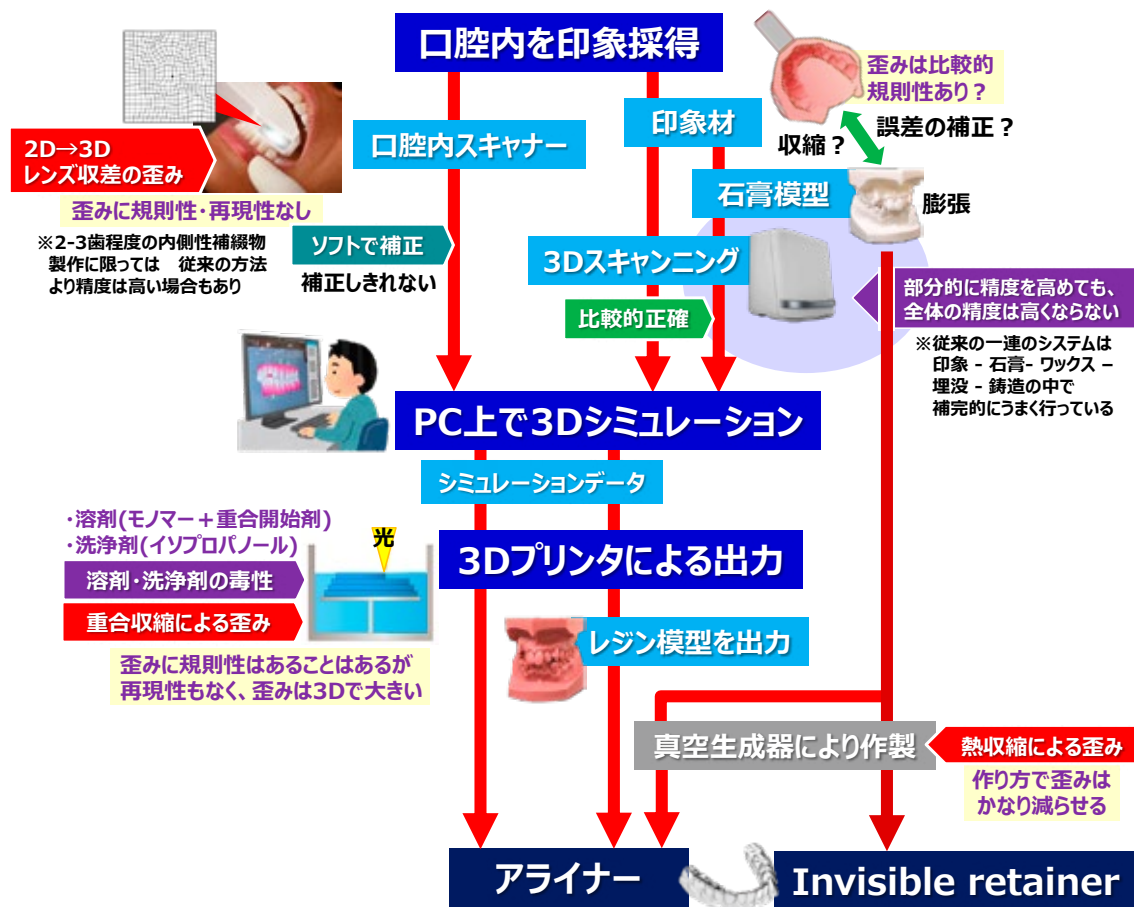


図12 アライナーの製作方法

きない。撮影開始部位付近では比較的精度が高いものの、基準点から離れるに従って誤差が累積し、三次元的な歪みとして現れる。この歪みは規則性や再現性に乏しい点が、より深刻な問題である。

第2の問題は、レンズ収差の存在である。元データが写真である以上、撮影には必ずレンズが介在し、何らかの収差が生じる。これらはソフトウェアによって補正されるものの、補正可能な範囲には限界があり、複雑かつ不規則な歪みが残存する。この「画像取得段階に由来する誤差」と、前述の「三次元再構成アルゴリズムに由来する誤差」とが重なることで、三次元的にどの部位にどの程度の歪みが生じているのかを把握しにくいデータが形成される。

これに対して、5~7軸の固定型三次元スキャナーを用いて石膏模型を計測する方式では、XYZ軸および基準平面が固定され、レーザー反射による距離計測を行うため、比較的高い計測精度が得られる。ただし、ハレーションが生じる部位では計測不能となる欠点があり、この点は口腔内スキャナーにも共通する問題である。さらに両者に共通する課題として、スキャンできなかった領域がスプライン関数などにより自動補間されるため、一見精密に見える三次元データであっても、実際には仮想的に補完・推定された形態情報を含んでいる点に留意する必要がある。

この現象は、CT (Computed Tomography) データから生成された三次元 STL (Standard Tessellation Language) データ (実測データ) において、本来は歯根を歯槽骨から自動的に分離できないにもかかわらず、装置内蔵のソフトウェアによる三次元再構築では、歯根形態があたかも正確に再現されたかのように、補完・推定処理によって表示される場合があることと同様の原理である。すなわち、当該三次元データは実測値の単純な集積ではなく、欠損あるいは不明瞭な領域に対して、コンピュータがアルゴリズムに基づき補完・推定処理を行うことで形態を「作り上げた」結果に過ぎない。このようなソフトウェア処理によって生成された三次元再構築データは、日常臨床における診断や装置製作に用いる限りにおいては、実用上大きな支障を来さない場合も多い。しかし、その内部にはユーザーが把握できないブラックボックス化された補完・推定情報が不可避免的に含まれており、形態の厳密性や計測精度が要求される研究用途において、実測データと同等に扱うことはできない。したがって、「デジタルで得られた」「三次元表示されている」という理由のみで定量評価や形態解析に用いることは、日常臨床では許容され得ても、研究においては信頼性と再現性を根本から損なう行為であり、研究倫理上も明確に許容されない。この種のデータを研究に用いるべきではない。

次の問題は、3D (Three-Dimensional) プリンターによる出力である。アライナー製作では主に液槽光重合 (vat photopolymerization) 方式が用いられるが、ここにも2つの大きな問題がある。第1は、重合

収縮に起因する歪みである。材料噴射方式 (material jetting) でも基本的な構造は同様で、積層しながら硬化させるため、どの方向で出力するか、出力速度をどうするかによって歪みの出方が変化する。いずれの条件でも歪みを完全に避けることはできない。実際、石膏模型を高精度にスキャンして得たデータでレジン模型を出力しても、石膏模型と咬合関係が一致せず、しばしばまったく咬み合わないケースが認められる。第2は、溶剤とその洗浄工程における問題である。

出力時に用いられる溶剤は、モノマーおよび重合開始剤で構成されており、その生体安全性は必ずしも高いとは言えない。近年では、405nmの光照射に対応するため、重合開始剤としてアシルホスフィンオキシド系化合物 (例: TPO ([trimethylbenzoyl-diphenylphosphine oxide]、BAPO [bisacylphosphine oxide] など) が広く用いられているが、これらはモノマーと同様、生体への影響の観点から十分な注意を要する物質である。出力物に付着した溶剤の洗浄には、一般にイソプロパノール (IPA: イソプロピルアルコール) が用いられる。IPAは安価である一方、エタノールと比較して毒性は約2倍高いとされ¹⁰⁾、実際の運用では、安全性や洗浄効率を考慮し、医療用材料の場合には未重合成分がIPAに溶解しやすいことを前提として設計されているため、一般用途の材料と比べて十数分から数十分程度の、比較的短時間の洗浄が行われることが多い。しかし、洗浄によって除去できるのは、表面に付着した未反応モノマーや低分子成分の一部に限られ、レジン内部の残留モノマーは、拡散・溶出という形で時間をかけて徐々に放出される。また、洗浄に用いられるIPAは揮発性が高いものの、洗浄後に化学物質の影響が完全に除去されているとは限らず、また、作業者が化学物質を含む揮発成分に吸入曝露される可能性も否定できない。加えて、廃液処理の観点からも、環境負荷が小さいとは言いがたい。さらに、光重合型材料である以上、工業的に製造されるプラスチック (重合率95%以上) とは異なり、重合率にはおおむね50~80%程度、すなわち約7割前後という限界があるとされており¹¹⁾、一定量の未重合レジンの残留は避けられない。これらの残留モノマーは、溶出を介して生体に影響を及ぼす可能性があり、毒性やアレルギー反応の観点からも慎重な評価が求められる。以上の点は、光重合型材料に内在する構造的制約であり、洗浄工程のみで完全な安全性を担保することは困難である。

なお、アライナーを直接3Dプリントしない場合では、3Dシミュレーションにより作成されたデジタルセットアップデータから歯列模型を3Dプリンターで出力し、それを基に真空成形によってアライナーを製作する方法が一般的である。この場合も、前述の歯列模型の3D出力過程で生じる歪みが、そのままアライナーに反映される。

このように、デジタルデンティストリーを前提とし

たアライナー製作は、計測誤差・再構成誤差・スキャン欠損の補間誤差・造形歪み・溶剤・洗浄の問題など、複数の誤差源が連鎖的に累積する工程である。言い換えれば、「ゆがみにゆがみを重ねた構造物」と言ってよい。高い精度を期待すること自体が非現実的である。にもかかわらず臨床では「なぜか問題なくうまく行っている」ように見える。その理由については、次項で述べる。

c) アライナーがそれでも「何とかなってしまう」理由

前項で述べたように、アライナーの製作プロセスは計測誤差・再構成誤差・造形誤差など、多数の不確定要素を内包しており、得られる装置の精度は決して高いとは言えない。本来であれば、このような工程で作られた装置が臨床的に大きな支障なく使用できていること自体が不思議である。しかし実際には、アライナーが「意外と問題にならない」場面は少なくない。その理由は極めて単純である。アライナーという装置は、そもそも「歯を所定方向へ押し動かすために、ある程度強引に歯列へ装着する」構造を持つ。言い換えれば、軽度の歪みや寸法誤差が存在していても、臨床的にはほとんど識別できない。またアライナーは構造上、歯の移動自由度が低く、動かせる方向が限定的であるため、誤差の影響が結果として表面化しにくい。

さらに重要なのは、アライナー材料である樹脂の剛性が金属に比べて圧倒的に低いことである。樹脂は弾性変形しやすく、装着時にある程度適当に「吸収」されてしまうため、異常トルクの発生や予期せぬ過度の力が加わる危険性がそもそも少ない。皮肉なことに、

この「樹脂が弱い」という性質が、むしろ誤差を中和し、臨床上の事故を防いでいる面すらある。

総じて言えば、アライナーとは「動いた状態の目標歯列の樹脂シートで強引に歯列を覆い、樹脂の弱い弾性力で歯を押す」という設計思想の産物である。したがって、アライナー自体には「高精度が必ずしも要求されない」のである。この点から考えると、むしろ高い保持力と適合性が求められる invisible retainer の方が、製作精度への要求ははるかに厳しいのである。

d) 理想的なアライナーの使用法とは？

以上のような制約を踏まえたうえで、アライナーをどのように用いることが最も合理的かを考察したい。アライナーは、その構造的・特性および材料力学的限界から、移動可能な方向や得意・不得意の動きが明確に存在する。その欠点を補うため、歯面に複雑な形状のアタッチメントを付与するなどの工夫が試みられているが、根本的な性能限界を本質的に克服するには至っていないし、基本的に無理がある。むしろ、苦手な領域でアライナーに無理をさせるよりも、アライナーの持つ利点を最大限に活かす方が得策である。では、どのような使い方が理想的と言えるのだろうか。

結論から言えば、アライナーを治療初期から全面的に用いることは必ずしも最適とは言えない。これは、アライナーのメカニクスや材料特性に加え、「万能ではない」という構造上の性質にも起因する。すなわち、アライナーが苦手とする複雑な歯の移動を無理に行わせるべきではないということである。

より合理的なアプローチは、治療初期にマルチブラ

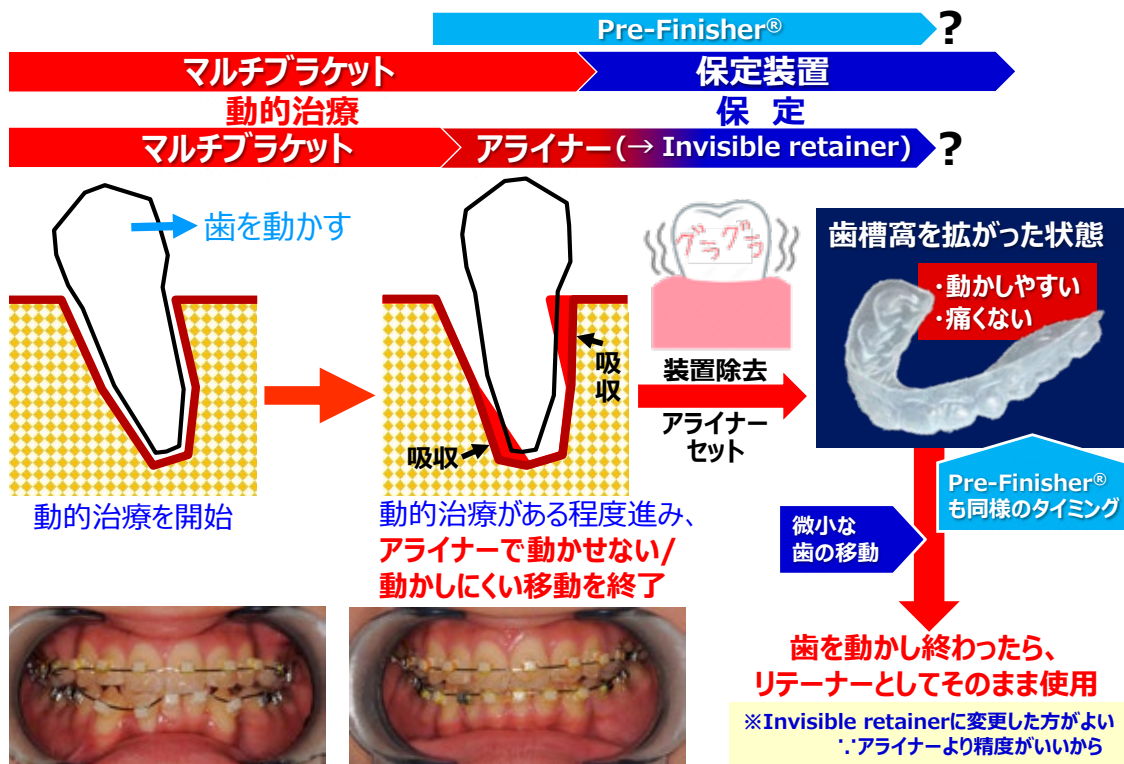


図13 アライナーの理想的な使い方とは？

ケット装置で難度の高い移動を完了させ、治療後半でアライナーへ切り替える方法である(図13)。これは、歯の移動に伴う生体変化の順序(骨吸収→骨形成→歯根膜および歯肉を含む線維系の再配列)を活用した戦略である。この段階になると、歯槽窩は一時的に拡大し、歯は動きやすい状態(いわば“遊び”がある状態)になる。そのため、アライナー特有の「無理やり嵌めて弱い弾性で押す」力でも痛みが生じにくく、効率的に移動が可能となる。これは、tooth positionerによる動的治療直後における微小な歯の移動が容易である原理と類似している。

加えて、この方法には副次的な利点もある。すなわち、マルチブラケット装置の装着期間を短縮できること、さらにアライナーで仕上げた後、そのままinvisible retainerとして移行できることである。治療全体の期間が必ずしも短縮されるとは限らないものの、患者の負担感や審美的ストレスを軽減しつつ、合理的に治療を進められるという点では有用性が高い。ただし、実務上の問題としては、こうした組み合わせ治療ではコストが嵩み、採算が合いにくい可能性がある点には留意が必要である。

e) 使用上の注意 — アライナー矯正を行う先生方へ

以上の実状を踏まえ、アライナー矯正を行う／行おうとしている歯科医師には、材料力学的特性やバイオメカニクスに関する十分な理解のもとで使用するこ

と強く推奨される。患者とのトラブルが発生した場合、原則として歯科医師自身が全責任を負う覚悟が必要であり、業者に責任を転嫁することは困難であることを認識しておくべきである。

使用にあたっては、装置が薬事承認を取得しており、正規の流通ルートで入手されたものであることを必ず確認するとともに、技工に用いる器具や材料についても同様に薬事承認が得られているかを確認する必要がある(後述)。どれか一つでも未承認の場合は、未承認使用となり、研究・治験目的で承認済の場合を除き、薬機法違反となる。これらの条件を満たさず、かつ責任を負う覚悟がない場合には、アライナーの臨床導入は慎重に検討すべきである。

なお、本学会はアライナー自体を否定するものではないが、現状では積極的に推奨する立場にはないことを明記しておく。

薬事上の留意点：未承認品・適応外使用の実務対応

a) 薬事承認の注意点

薬事承認を受けていない医療機器や医薬品は、原則として使用を避けるべきである。主な理由は、保険診療での使用が認められないこと(薬機法第68条)に加え、自由診療であっても医師・歯科医師の責任が通常の診療より格段に重くなる点である(図14)。

使用にあたって、医師は以下の対応を行わなくては

	適用外使用	未承認機器の使用
定義	国内で承認された歯科用機器を本来の用途以外で使うこと	日本で未承認の歯科機器・材料などを使用すること
該当例	・歯科用CTを顎関節以外に使う ・歯科用レーザーを歯肉以外の部位に照射 ・成人用の器具を小児に使用	・海外で販売のインプラント体を個人輸入して使う ・海外製のスキャナ、CAD/CAM機器などを未承認で使う
法的位置づけ	医師・歯科医師の裁量により使用可能(患者の利益が優先)	原則禁止(薬機法違反)だが、例外的に研究・治験目的で申請・承認が必要
現場での運用	必ずインフォームド・コンセントを取得し、記録を残す	使用には「倫理審査・厚労省申請(治験届など)」が必要
安全性・保証	承認機器のため基本的に品質保証あり(適用外は対象外も)	メーカー保証なし 事故時は100%歯科医師(院)の責任
・歯科医師法下 ・保険適応可 医師・歯科医師の裁量で可 ただしIC・記録・適応確認が必要 原則NG 診療での使用は 法令違反 研究・治験目的で承認済以外は 法令違反 ・薬機法下 ・保険適応外 ・厚労省監視対象		
例外的に認められるケース	1. 臨床現場で広く行われる処置 2. 医学的合理性がある場合 3. 他に有効な承認薬がない場合 4. 科学的根拠がある場合 5. 緊急時・救命目的	1. 治験として認められている場合(各種届け出や審査は必要) 2. 既存の承認範囲では治療困難な疾患 3. 国内で承認されていない薬剤が国外で標準治療になっている場合 4. 臨床的判断で患者の利益が明らかに優先される場合 5. 緊急時・救命目的
留意点	・「患者に使用＝医療行為」になるため、未承認機器の使用は極めて慎重に ・技工物製作に使用する器材・材料の薬事承認に注意→未承認の機器・材料は製作物も未承認扱い ・歯科診療所単位での個人輸入や使用はリスクが高い→原則として使用不可	

図14 知っておくべき適用外使用と未承認使用の違い

ならない：

- ・インフォームドコンセントや承諾書・同意書の取得（文書）
- ・他者への譲渡は禁止（薬機法第 68 条違反）
- ・患者への未承認であることの開示
- ・代替治療法の説明
- ・想定されるリスクの説明
- ・有害事象が発生した場合の PMDA（Pharmaceuticals and Medical Devices Agency：医薬品医療機器総合機構）への報告義務（薬機法第 68 条等）

これらを遵守しない場合、法的リスクや行政指導の対象となる可能性がある。ただし、承諾書・同意書は絶対的なものではなく、法的な逸脱が認められた場合には無効となる点にも留意すべきである。

b) わかりにくい注意すべきケース

一見問題がなさそうに見える場合であっても、PMDA で国内の製造販売承認が付与されたままの製品でありながら、国内での販売が中止されているものを海外から個人輸入（逆輸入）する場合には注意が必要である。この場合、承認自体は形式上有効であっても、国内において正規の流通経路で供給されていないため、当該輸入品は実務上、薬機法における未承認医療機器・医薬品として取り扱われる。

承認の有無と流通経路は別問題であり、正規ルートを経っていない製品については品質や安全性が保証されない。医師・歯科医師がこれを臨床に使用した場合、未承認使用として法的責任が生じる可能性がある。医師・歯科医師が未承認であるとの認識なく使用した場合でも、直ちに刑事罰の対象となる可能性は高くはないものの、行政指導や業務上の責任を問われる可能性は否定できず、有害事象が生じた場合には民事上の責任も問題となり得る。また、有害事象が発生したにもかかわらず PMDA への報告が行われなかった場合、医療安全上の対応として不十分と評価され、行政上および民事上の責任が重くなる可能性が高まる点にも留意が必要である。

この考え方は輸入品に限らず、歯科技工物の製作過程においても重要である。未承認の医療機器や材料は、薬機法に基づく承認を受けずに製造・販売・広告等を行うことが禁止されており（薬機法第 65 条、第 68 条）、歯科技工物の製作において未承認の機器や材料を使用した場合も同様に薬機法違反の対象となる。これらの規定に違反した場合には、5 年以下の懲役または 500 万円以下の罰金（または併科）が科される可能性があるほか、行政指導や業務停止等の行政処分の対象となり得る。そのため、歯科技工物の製作過程における機器および材料の選択については、歯科医師および歯科技工士の双方で、法令遵守の観点から十分な注意が求められる。

c) 適用外使用と未承認使用の違い

使用法に関しては、適用外使用（off-label use）と

未承認使用（unapproved use）を明確に区別することが求められる（図 14）。適用外使用とは、製造販売承認を受けた医療機器や医薬品を、承認された効能・用途・使用方法とは異なる目的で用いることを指し、歯科医師法の枠組みのもとで、医師の裁量に基づく診療行為として一定の条件下で認められる。臨床例としては、顎関節用途として承認された歯科用 CT を歯列や歯槽骨の診断に用いる場合、歯肉用として承認された歯科用レーザーを歯肉以外の部位に使用する場合、成人用として承認された器具を小児治療に応用する場合などが挙げられる。適用外使用は、医学的合理性があり、十分な説明と患者の同意が得られていれば例外的に許容されると解釈される。

一方、未承認使用とは、薬機法に基づく承認を受けていない医療機器や医薬品を診療に使用することであり、研究や治験目的として適切な手続きを経た場合を除き、原則として臨床診療での使用は認められない。未承認使用は保険診療の対象外であり、薬機法の規制下に置かれ、厚生労働省および PMDA による監視の対象となる。特に、個人輸入品や未承認の材料・機器を使用した歯科技工物は未承認使用として扱われ、患者に使用される場合には医師に薬機法上の法的責任が生じ得る。このように、未承認使用は原則として禁止されているが、例外的に認められるケースも存在する（図 14）。

具体的には、適用外使用で例外的に認められるのは、臨床現場で広く行われている処置、他に有効な承認薬がない場合、科学的根拠がある場合、そして緊急時や救命目的に限られる。未承認薬の使用が例外的に認められるのは、治験として認められている場合（各種届け出や倫理審査が必要）、既存の承認範囲では治療困難な疾患の場合、国内で未承認であっても国外で標準治療として用いられている薬剤の場合、臨床的判断において患者の利益が明らかに優先される場合、そして緊急時や救命目的に限られる。また、医師・歯科医師自身が自ら入手した薬剤を自己の治療に使用する場合には問題とならないが、いずれの場合も何らかの問題が生じた際には医師・歯科医師本人が全責任を負う覚悟が必要である。

したがって、使用する材料や器具については、技工物製作の過程で使用される器材や材料も含め、薬事承認の有無や正規の流通経路を十分に確認することが不可欠である。特に輸入品は正規ルートを通っていない場合が多く、知らずに使用すると法的リスクや刑事罰、行政処分の対象となる可能性がある。「知らなかった」という言い訳は通用せず、トラブルが発生した場合の責任は業者ではなく医師自身にあることを十分に認識しておく必要がある。

矯正装置装着患者の MRI 施行に伴うリスク管理

a) MRI 撮像に伴うリスク

MRI は、超電導磁石による強力で安定した静磁

場 (0Hz)、傾斜磁場コイルによる時間的に変化する低周波磁場 (通常 20-80mT/m 程度の勾配強度を持ち、数百 Hz ~ 数 kHz で変化)、および RF (Radio Frequency : 高周波) コイルによって照射される RF 波 (ラーモア周波数 : 1.5T で約 64MHz、3T で約 128MHz) を用いて体内の画像を取得する検査である。低周波・高周波という呼称は相対的で分野依存であり、絶対的な境界は存在しないが、一般的には、数十 Hz 以下を超低周波、30Hz ~ 300kHz を低周波、300kHz ~ 3MHz を中周波 (医用電気安全規格などで使用)、3MHz 以上を高周波に分類される。一般に、低周波領域では電磁場は準静的に振る舞い磁界成分の影響が支配的であるのに対し、高周波領域では電磁波として伝搬し、波長や幾何学的条件に依存して電界成分の影響が主体となる^{12, 13)}。

MRI では、静磁場と傾斜磁場は主として磁場成分が作用し、高周波である RF 波は主として電場成分が作用するため、それぞれ異なるリスクに關与する。静磁場は金属の磁化と磁場勾配により吸引力の発生に關わり、傾斜磁場による低周波磁界は誘導電流を介した軽微な発熱や神経刺激を生じ得る。一方、高周波である RF 波は組織内に電場が作用することで電流が生じ、その電氣的損失としてジュール熱を生じさせる。この現象は SAR (Specific Absorption Rate) として定量化され、MRI における発熱の主因となる (図 15)。これらを踏まえると、矯正器具を装着した状態での MRI 検査には、主に以下の三つのリスクが存在する¹⁴⁾。

b) 吸引リスク

金属製矯正器具は静磁場により磁化され、磁場勾配方向へ引かれる磁気吸引力を受ける。特にガントリー

入口付近では磁場勾配が大きく、力が強くなる可能性がある。これは、超電導磁石に直流電流が流れ続け、4K (-269℃) で電気抵抗がほぼゼロのまま維持されることにより生じる強力かつ安定した静磁場によるものである。

この吸引力 F は、 $F \propto M \cdot \nabla B$ (M : 磁化 [磁気モーメントの密度、すなわち単位体積あたりの磁気モーメント] = χ [磁化率] $\times H$ [磁場の強さ]、 ∇B : 磁束密度の勾配) で示される。一方、傾斜磁場コイルによる低周波磁界は周期的に方向が変化するため、金属を持続的に吸引する力はほとんど生じない。吸引力の大きさは材料の磁性に依存し、強磁性体 (磁化率 $\chi \gg 0$, 鉄、コバルト、ニッケル) は顕著に影響を受けるが、非磁性金属 (磁化率 $\chi \approx 0$, チタン、金、銀、銅、アルミ、クロムなど) は影響が極めて小さい。矯正臨床で使用されるステンレス鋼およびニッケルチタン (Ni55/Ti45) は一定の磁化を示し、静磁場下では吸引力の影響を受け得る。一方、インプラント材料として用いられる純チタンおよび 64 チタン (Ti-6Al4V) 合金は非磁性であり、MRI における吸引力の影響はほとんど受けない。特に、矯正用ブラケットを歯面に直接接着するダイレクトボンディング法を用いている場合には、検査前にブラケットの脱離や動揺の有無を必ず確認しておく必要がある。セラミックブラケットでは問題となることはほとんどないが、金属製ブラケット (ステンレス鋼) では、理論上、吸引力が作用する可能性を否定できない。

また、これら金属材料の磁化特性は、MRI 撮像時に生じる画像アーチファクトの程度とも密接に関連している。検査前には、装着されている金属の種類および部位を確認するとともに、患者に違和感や牽引感の

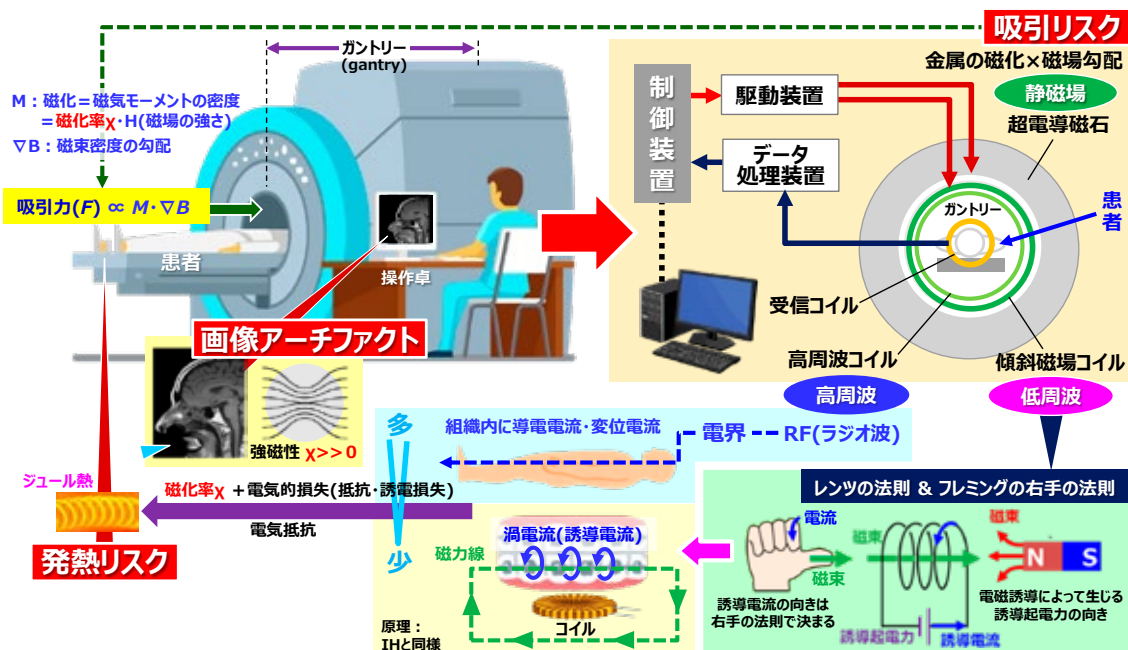


図 15 MRI における 3 つのリスク

有無を問診し、検査中に異常を感じた場合には速やかに申告できる体制を整えることが望ましい。

c) 発熱リスク

MRI で生じる発熱には、①傾斜磁場による低周波誘導電流（渦電流）と、②高周波 RF 波による電氣的損失に起因するジュール熱の二つが関与するが、臨床的に問題となるのは主に後者である。傾斜磁場は IH 調理器と同様の原理で金属内に渦電流を生じさせるが^{12, 13)}、MRI の傾斜磁場は周波数・強度ともに IH よりはるかに小さいため、実際に問題となる発熱はきわめて軽微である。

一方、MRI における高周波 RF 波は、1.5T で約 64MHz、3T で約 128MHz のラーモア周波数に相当し、生体や水分を含む導電性・誘電性材料内に組織分極やイオン移動を引き起こす。この RF 波は、家庭用電子レンジやスマートフォン、ISM (Industrial, Scientific and Medical) バンドで使用する周波数帯（約 2.4GHz ～ 5.0GHz）に比べて 4 ～ 6 桁低いいため、電子レンジのような分子振動による摩擦熱はほとんど生じない。MRI で観察される局所的な発熱は、組織内に誘導される導電電流および変位電流により、材料の電気抵抗や誘電損失に応じてエネルギーが散逸し、ジュール熱として現れることが主因である。

生体だけでなく金属材料においても、電気抵抗の大きさは発熱量に影響を及ぼし、絶縁体でない限り、電気抵抗が大きいほど発熱は増加する。歯科用金属材料では、一般に電気抵抗は一般に Ni-Cr > SUS > Ni-Ti > Ti > Pd > Cr > Sn > Fe > Ni > Brass (Cu-Zn) > Co > Mo > Al > Au > Cu > Ag の順に低くなる。セラミックス、レジン、セメントなどの歯科非金属材料は電気抵抗値が $10^8 \Omega$ を大きく上回る典型的絶縁体であり、RF 電場による電流発生はほとんどなく、発熱リスクは極めて低い。ただし、多孔質で内部に水分を含む材料では、理論上 RF 吸収による発熱が生じ得るため注意が必要である。矯正装置に用いられる金属量は一般に少なく、臨床的に問題となる熱障害の報告は稀であるが、検査前には熱感が生じ得る可能性を患者に説明し、異常時に申告できる体制を整えることが望ましい。

d) 画像アーチファクトのリスク

頭頸部領域の MRI 撮像では、金属材料周囲の磁化率差により局所的な磁場の歪みが生じ、周囲の信号が欠損して黒抜けとなるアーチファクトが出現する。これは、CT における白色の金属由来放射状アーチファクト（主にビームハードニングやストリークアーチファクト）とは対照的である。アーチファクトの程度は金属の磁性に強く依存し、矯正器具で多用されるステンレス鋼やニッケルチタン合金のような磁化率の高い材料では顕著であるのに対し、インプラント体で多用される磁化率がほぼゼロの純チタンや 64 チタン合金などの非磁性金属では影響は非常に小さい。

臨床上、アーチファクトは T1 強調像や T2 強調像、

特に GRE (Gradient Echo) 系シーケンスで顕著に現れ、小さな病変の検出や診断に支障をきたす場合がある。このため、撮像時にはアーチファクト抑制技術 (Metal Artifact Reduction Sequence: MARS) の使用、撮像方向やパルスシーケンスの調整、3D 撮像やマルチプラナー再構成の活用により影響を軽減することが可能である。ただし、近年の高磁場・高出力 MRI では、金属材料に起因する RF 誘導電流の発生や、それに伴うジュール熱による局所的な発熱リスクが相対的に高まることが指摘されており、原則論としては、矯正装置などの金属物は撮像時に除去することが望ましい。しかしながら、費用面の問題や患者への身体的・心理的負担を考慮すると、撮像のたびに矯正装置を撤去し、その都度再装着することを繰り返すのは、現実的には困難な場合が多い。そのため、実際の臨床現場では、診断部位にもよるが、矯正装置を装着したまま MRI 撮像を行わざるを得ない状況が少なくない。このような場合には、撮像条件の調整、すなわち RF 出力を低減するなどの安全対策を講じた上で対応することが一般的である。

それでも診断上の支障が大きい場合には、矯正器具や補綴物の一時的除去を検討することもあるが、除去の可否や安全性、器具破損のリスクも含め、材料の種類、固定方法、部位、口腔内状況などを総合的に判断する必要がある。さらに、歯科医師と放射線科医・撮影技師の密な連携が重要であり、アーチファクトの程度に応じて撮像シーケンスや撮影部位の調整を行うことが推奨される。

以上のように、矯正装置を装着した状態での MRI 検査には、吸引リスク、発熱リスク、画像への影響という三つの主要なリスクが存在する。これらは、材料が有する磁性特性や電気抵抗といった物理的性質に密接に関連しており、その程度は使用材料の種類、構造、量によって左右される。したがって矯正臨床においては、検査部位や撮像条件、使用材料の特性を踏まえた上で、患者への適切な事前説明と安全性確保のための体制整備が極めて重要である。また、「安全な MRI 検査を考える会」が公開している安全性に関する情報として、MRI Safety Forum は有益な情報源であり、参照されたい¹⁵⁾。

消毒用アルコールに関する動向とより効果的な選択

a) アルコール消毒の限界と注意点

消毒用アルコールは一般的に 76.9 ～ 81.4vol% のエタノールを含む溶液であり、添加物として IPA が 3.7vol% 含まれるものもある。IPA はエタノールの約 2 倍の毒性をもち¹⁰⁾、脱脂作用も強いいため、どうしてもアルコールを使用するのであれば、可能な限りこれが含まれていない製剤を選ぶことが推奨される。

エタノールは 60 ～ 90vol% の範囲で短時間に殺菌効果を示すが、90vol% 以上では効果が低下し、逆に 2 倍希釈（約 40vol%）では黄色ブドウ球菌や腸

球菌に対して十分な殺菌効果を示さなくなる。また、60vol%以上の濃度では引火性があるため、宅配などの輸送が制限される。アルコールの殺菌力は比較的高く抗菌スペクトルは比較的広いものの、グルタルアルデヒド（グルタラル）や次亜塩素酸類に比べるとスペクトルは狭い¹⁶⁾。なお、消毒薬全体の安全性の観点から、欧米では、グルタルアルデヒドは安全性の問題から使用が厳しく見直されている。米国ではFDA（Food and Drug Administration：アメリカ食品医薬品局）承認のもと条件付きで使用可能である一方、欧州では刺激性・感作性の高さから医療用途で実質的に使用が制限または禁止されている。その意味では、抗菌スペクトルの広さという観点からは、次亜塩素酸類が選択肢となり得る。

アルコールは揮発性が高いため、揮発物の吸引や引火（そのため、60vol%以上で宅急便を含む郵送不可）、さらに接触アレルギー（欧米人で約6-7%と報告されている）のリスクも存在する¹⁷⁾。手指への使用では手荒れや脱水が生じやすく、非アルコール系製剤よりも健康被害が出やすいことが報告されている。特に12歳以下の小児に対しては、揮発物の吸引も含めたリスクの高さがCDC（Centers for Disease Control and Prevention：アメリカ疾病予防管理センター）やWHO（World Health Organization：世界保健機構）でも指摘されている¹⁸⁾。

アルコールは浸漬による殺菌に比べ、表面拭き取りだけでは十分な効果を期待できない。短時間で殺菌作用が発揮されるとはいえ、少なくとも数十秒、理想的には1分程度は菌やウイルスをアルコールに浸漬させる必要がある。消毒対象物の表面を十分に濡らした状態を維持することが、効果的な消毒のポイントである。

保存に関しては、遮光と蒸発（揮発）防止に注意すれば比較的安定しているが、アルコールワッテをステンレス製のワッテ缶で保管した場合、14日でエタノール濃度が40%程度まで低下したという報告もある¹⁹⁾。さらに、アルコールは腐食や錆を起こさないとされる記載も見受けられる（歯科医師国家試験では器具消毒に適するとされる一方、インプラントバーの消毒薬としては位置づけられていない）が、実際には金属類にも腐食や錆を生じるので注意が必要である。樹脂材料では、ポリスチレン（PS：polystyrene）、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン（ABS：acrylonitrile butadiene styrene）、PMMA、PVC、ナイロンなどの劣化が報告されており、特に歯科領域では、PMMAやPVCへの使用は基本的に禁忌である。ゴム類では、ニトリルゴム、アクリルゴム、ウレタンゴム、フッ素ゴムに腐食作用がみられる。

日本ではアルコール信仰が強いが、上記のように、アルコール消毒は万能ではなく、濃度、接触時間、材料への影響、揮発性・引火性などを考慮した使用が求められる。特に歯科臨床では、金属・樹脂・ゴム製の器具や材料への影響を踏まえた適切な管理が重要であ

る^{16, 18)}。

b) 欧米における最新知見：エタノールの安全性評価

2025年10月下旬、欧州連合（EU：European Union）は、手指消毒剤に広く使用されているエタノールを「発がんリスクのある危険物質」として分類することを検討していることが報じられた²⁰⁾。これに関連して、欧州化学品庁（ECHA：European Chemicals Agency）の作業部会は10月10日に内部勧告をまとめ、エタノールはがんや妊娠合併症のリスクを高める有害物質であり、洗浄製品や消毒製品においては他の物質を使用すべきであるとの見解を示した。さらに、ECHAは、専門家委員会がエタノールを発がん性物質と結論づけた場合には、代替物質の使用を勧告することになると述べている。

この報道はSNS（Social Networking Service）などを通じて広く拡散されており、患者や一般の方々も目にする可能性が高い。EUの立場としては、「予想される曝露レベルに照らして使用が安全とみなされる場合や、他に代替手段がない場合は、引き続きエタノールを消毒剤として承認する可能性がある」と表明している。しかし、消毒剤の代替手段は多く存在するため、この表現は規制当局としての配慮を含んだ留保的表現である可能性がある。

臨床現場においては、患者からこのような情報が提示されることも想定されるため、医師側としては最新の知見や報道内容について十分に理解しておく必要がある。特に、手指消毒や器具消毒にエタノールを用いる場合のリスクや代替手段について、適切に説明できる知識を備えておくことが求められる。

c) より望ましい選択肢とは

日常臨床における消毒・除菌の継続的实施には、単に殺菌能が高いか否かのみで評価することは不十分である。実際には、使用時の簡便性や経済性が満たされなければ長期の運用は困難であり、さらに患者および医療従事者双方の安全確保は不可欠の前提条件である。したがって、臨床的・運用的・法的観点を総合的に踏まえたうえで、使用する消毒剤を選択する必要がある。

これらを考慮すると、望ましい要件として以下が挙げられる。

- ・長期保存（可能であれば年単位）ができ、希釈等の手間なくそのまま使用できる、もしくはオンサイト・オンデマンドで容易に生成可能であること（できれば専用装置を必要としない）
- ・歯科用器具・器材に対し、錆や腐食、その他の材質劣化を極力生じさせないこと（図16）
- ・化学的安全性に加え、法的にも「安全なもの」として取り扱えること

これらの観点を満たす消毒剤として、現時点では次亜塩素酸水が最も適している^{16, 18)}。しばしば混同される次亜塩素酸ナトリウムとは化学的性質が大きく異なり、同一に扱うことはできない点には注意が必要であ

る。次亜塩素酸水のうち、長期保存に耐えるのは粉末溶解型であり、軽量・省スペースで、生成器も不要である。一方、オンサイト・オンデマンドでの利用を志向する場合には生成器による方式が選択肢となる。

次亜塩素酸水の安全性は、生成方式の違いによる大きな差は基本的にないとされる。しかし、法的に「安全な水（いわゆる水道水）」として扱えるのは、水道水質基準の51項目に適合し「飲用適」と認められたものに限られる（図17）²¹⁾。現状では、イオン交換式で生成された次亜塩素酸水の一部および粉末式製品の一部のみがこの基準を満たす。イオン交換式で生成される次亜塩素酸水は、次亜塩素酸（HOCl）の純度が高く酸化力が強いことから、高い有効性を有する一方で、錆や腐食を生じやすいという課題を有する。また、液体状態での長期保存が困難である²²⁾。

厚生労働省・経済産業省・消費者庁の3省庁による共同声明では、次亜塩素酸水の使用について、「拭き掃除では有効塩素濃度80ppm以上、流水での掛け流しでは35ppm以上で使用するべき」とされている²³⁾。また、手指消毒についても経済産業省により有効性が確認されている一方、厚生労働省は未確認としている。重要なのは、法律上「水道水」として扱えるかどうかである。水道水として認められる次亜塩素酸水であれば、手洗いや加湿など、さまざまな用途に問題なく安心して使用できる。

また、次亜塩素酸は強力な酸化作用を有するため、特に高価な歯科用器具・器材に対し、錆や腐食を引き起こしにくいかどうかは臨床現場において重要な評価項目である。この条件を満たす製品は、現時点では極めて限られている（図16）。以上を総合すると、粉末溶解式で長期備蓄が可能であり、保管スペースを取らず、腐食リスクがなく、水道水質基準を満たす次亜塩

素酸製剤（市販品としてはPHA01〔ヒポクラテス社〕）が、現時点で医療関係や日常使用のみならず、災害対策としても最も推奨しうる選択肢といえる。

まとめ

以上を整理すると、矯正臨床における留意点は以下の通りである。

①保定装置の選択

■患者のコンプライアンスが得られる場合、tooth positioner（Pre-Finisher[®]）が最も効果的である。

■患者が実際に一番使用しやすいのはinvisible retainerである。

・使用するプレートの厚さは0.5mm。

・作業模型は硬石膏を用い、製作後も保存する。

→後戻りが生じた場合でも、撤去時の状態を再現して再製作可能であり、アライナーの代替としても利用できる。

②アライナーの考え方と使用法

■材質・製法・作用メカニズムなどのネガティブポイントを理解した上で使用する。

■技工も含めた全過程で使用する材料および器具は薬事承認済かつ正規流通品であること。

■有事（特に患者トラブル）が発生した場合には、最終的な責任を自ら負うことを前提として使用する。

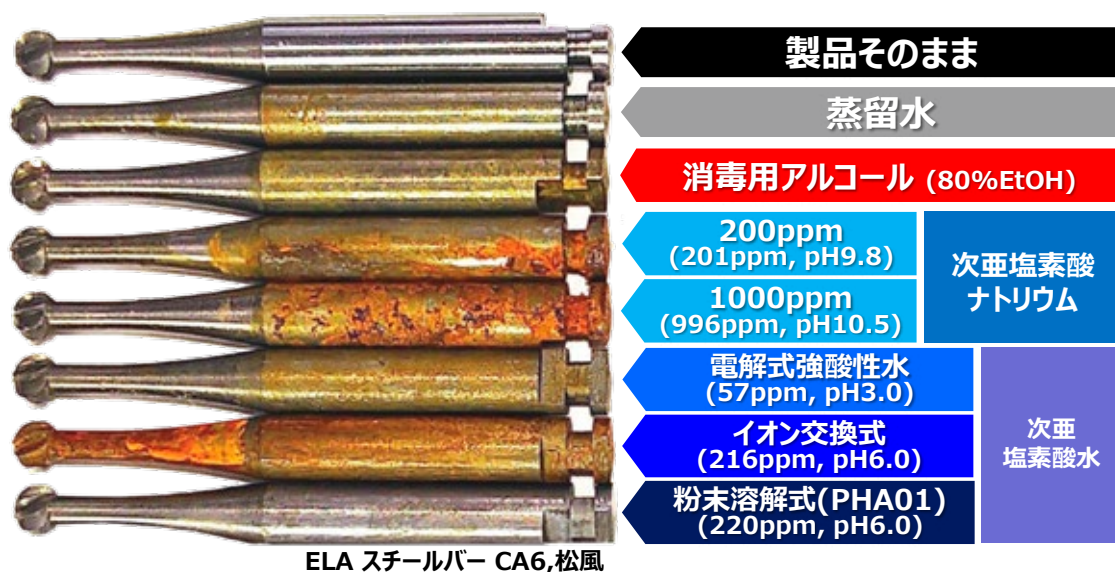
③薬事未承認・適用外使用の注意

■材料や器具だけでなく流通経路も正規ルートであること。

■未承認品や適用外での使用は行わない（技工過程も同様）。

■薬機法の遵守を前提として使用する。

④MRI検査時の矯正器具装着患者への対応



ELA スチールバー CA6,松風

各消毒液に15分浸漬→水洗→30分乾燥を10回繰り返した（合計2時間30分浸漬）

図16 歯科用切削スチールバー（炭素鋼）の錆発生

- C, Demakakos P. Tooth loss associated with physical and cognitive decline in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2015;63:91-99.
- 6) Kato H, Takahashi Y, Iseki C, Igari R, Sato H, Sato H, Koyama S, Tobita M, Kawanami T, Iino M, Ishizawa K, Kato T. Tooth Loss-associated Cognitive Impairment in the Elderly: A Community-based Study in Japan. *Intern Med.* 2019;58:1411-1416.
 - 7) 日本歯科医学会・厚生労働省委託事業. 歯科保健医療情報収集等事業：質問 13 前歯部叢生に対する歯科矯正治療の際に、智歯の抜去を行うと叢生の再発（後戻り）の予防に有用ですか？『歯科治療時の局所的・全身的偶発症に関する標準的な予防策と緊急対応のための指針』23-24 頁, 2014 年 3 月 31 日. 厚生労働省. (<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10800000-Iseikyoku/0000109094.pdf>) (最終アクセス日：2026 年 1 月 7 日)
 - 8) Harradine NW, Pearson MH, Toth B. The effect of extraction of third molars on late lower incisor crowding: a randomized controlled trial. *Br J Orthod* 1998;25:117-122.
 - 9) 亀田剛. 歯科臨床における X 線を用いた非破壊検査を補うバイオメカニクス的重要性. 非破壊検査. 2023;72:149-157.
 - 10) Garrison RF. Acute poisoning from use of isopropyl alcohol in tepid sponging. *JAMA* 1953;152:317-318.
 - 11) Kameda T, Ohkuma K, Sano N, Terada K. Development of optical guiding forceps for a direct bonding system using light-cured resin adhesives. *Dent Mater J.* 2014;33:510-521.
 - 12) Kameda T, Ohkuma K, Oda H, Sano N, Batbayar N, Terashima Y, Sato S, Terada K. Magnetic fields from electric toothbrushes promote corrosion in orthodontic stainless steel appliances but not in titanium appliances. *Dent Mater J.* 2013;32:959-969.
 - 13) Kameda T, Ohkuma K. Electromagnetic fields from dental devices and their effects on human health. *J Electr Electron Syst.* 2014;3. doi:10.4172/2332-0796.1000118.
 - 14) 日本磁気共鳴医学会. ガイドライン. 最終更新：2025 年 9 月 30 日. 日本磁気共鳴医学会. (https://www.jsrm.jp/modules/guideline/index.php?content_id=2) (最終アクセス日：2026 年 1 月 7 日)
 - 15) 安全な MRI 検査を考える会. MRI Safety Forum. (<https://mri-anzen.or.jp/qa/index.php>) (最終アクセス日：2026 年 1 月 7 日)
 - 16) 亀田剛. Beyond コロナ 院内の感染予防と衛生管理 -1 各種消毒・除菌剤の概要とその利点・欠点. 矯臨ジャーナル. 2022;38:45-59.
 - 17) Stotts J, Ely WJ. Induction of human skin sensitization to ethanol. *J Invest Dermatol* 1977; 69:219-222.
 - 18) 亀田剛, 田部井裕介, 井川淳一. 次亜塩素酸のトリセツ—感染予防の切り札にするための正しい選択と使い方. 日歯医師会誌. 2021;74:33-42.
 - 19) 佐藤征, 工藤せい子, 金丸すゝな, 齋藤芳彦, 山内久子, 津島律. 消毒用アルコール綿作製後における殺菌力の経時的变化. 環境感染誌. 1991;6:35-39.
 - 20) Reuters. EU、エタノールの「発がん性物質」指定検討—手指消毒に影響. 2025 年 10 月 21 日. Reuters Japan. (<https://jp.reuters.com/markets/commodities/72VM6BS3YNPDZJ53QF4MTLUYOU-2025-10-21/>) (最終アクセス日：2026 年 1 月 7 日)
 - 21) 環境省. 水質基準項目と基準値 (51 項目). 2020 年 4 月 1 日. 環境省. (https://www.env.go.jp/water/water_supply/kijun/kijunchi.html) (最終アクセス日：2026 年 1 月 7 日)
 - 22) Kameda T, Oka S, Igawa JA, Sakamoto M, Terada K. Can hypochlorous acid be a powerful sanitizer to replace alcohol for disinfection? Its bactericidal effect, degradation of the solutions under various storage conditions, and steel rust effects. *Dent Mater J.* 2021;41(1):168-183.
 - 23) 厚生労働省. 「次亜塩素酸水」を使ってモノのウイルス対策をする場合の使用法. 2020 年 6 月 26 日. 厚生労働省. (<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/001260667.pdf>) (最終アクセス日：2026 年 1 月 7 日)

利益相反

著者は、合同会社ヒボクラテスから粉末溶解式次亜塩素酸製剤 PHA01 の特許権使用料を受領している。

謝 辞

本総説の執筆に際し、MRI および医療安全に関する記載について、貴重な情報提供ならびにご助言を賜りました寺田員人先生（前日本歯科大学新潟生命歯学部教授）に謹んで感謝申し上げます。

症例報告

KBT マルチブラケットシステムを用いた年代別治療の3症例

小 林 千 里

新潟支部

Three age-specific cases treated with the KBT multibracket system

Chisato KOBAYASHI

Niigata, Niigata KB Branch

抄録：口元や歯列、咀嚼に問題を抱える患者は各世代に存在し、その多くは改善を望んでいる。小児期には、「矯正治療は必要か」「いつ開始するのが適切か」「どのような方法がよいか」などについて、保護者が将来を見据えた判断を求めることが多い。思春期から成人期では、「できるだけ早くきれいにしたい」という審美的改善への希望が強く、老年期においては、「自分の歯でおいしく食べたい」といった機能面への関心が高まる。このように、同じ矯正治療であっても、年齢や患者背景に応じてそのアプローチは多様である。

本報告では、KBT マルチブラケットシステムを用いて、年代に応じた矯正治療を行った3症例について報告する。

症例 1

初診時年齢：8歳3か月

性 別：女児

主 訴：前歯が曲がって生えてきた。

家族歴：母親および弟 骨格性下顎前突

父親 切端咬合

顔貌所見：正面 左右対称

側面 ストレートタイプ

口腔内所見：アングルの分類 Angle Class I (右側)

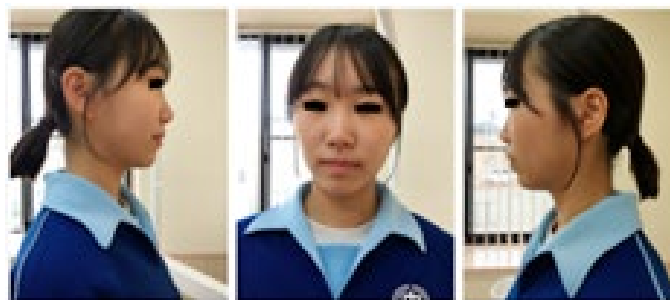
Angle Class III (左側)

上顎左側側切歯が捻転

【治療前】



【治療後】



画像 1 顔貌写真

治療経過

KBT マルチブラケット装置を上顎に装着し、NiTi ワイヤーの 0.016" φ レギュラーワイヤーから 0.018" ワイヤーへと順次交換し、レベリングを行った。その後、0.016" × 0.016" の同ワイヤーに交換し、上顎左右側犬歯の萌出スペース獲得のため、左右犬歯間にオープンコイルスプリングを装着した。さらに、0.016" × 0.022" サイズの同ワイヤーに交換し、最終仕上げを行った。

下顎は、上顎のレベリングがある程度進行した後、

咬合を確認したうえで、上顎と同様に NiTi ワイヤー（同サイズ）を用いてレベリングを行った。上下顎ともに角ワイヤー（0.016" × 0.022"）に移行した時点で、家族歴から下顎の成長に伴う前突の可能性を考慮し、また、ワイヤーの力学的特性から弱いⅢ級ゴムを使用した。

動的治療 2 年 10 か月であった。保定は Tooth positioner を使用した。これは、家族歴からの下顎前突の遺伝的要因を考慮するとともに、長期管理の必要を踏まえたものである。

【初診時】
(8 歳 3 か月)



【除去後 1 年目】
2023 年 11 月 4 日
(12 歳 5 か月)



【除去後 2 年 4 か月目】
2025 年 3 月 1 日
(13 歳 9 か月)



画像 2 口腔内写真

症例 2

初診時年齢：30 歳 0 か月

性 別：女性

主 訴：口元を引っ込めたい

既往歴：中学 3 年間矯正治療を専門医で受診

全身的特記事項：特に無し

家族歴：母親 交叉咬合

顔貌所見：側面 Convex タイプ

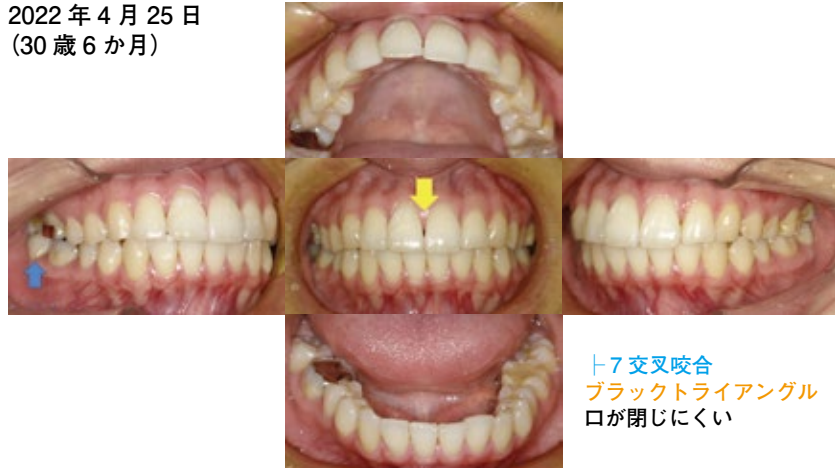
正面 左右対称

口腔内所見：Angle Class I

治療経過

KBT マルチブラケット使用して 0.016" φ レギュラーワイヤーより通法に従って順次ワイヤサイズを上げていき、レベリングを行った。レベリングにより右側第二大臼歯部の交叉咬合が改善し、上下顎を角ワイヤー 0.016" × 0.016" から 0.016" × 0.022" サイズのワイヤーに交換し、上顎右側犬歯近心から左側犬歯近心まで IPR (Interproximal Reduction) を行い、正中の一致および開咬の改善を図った。

動的治療 2 年 5 か月であった。

【再治療開始時】2022 年 4 月 25 日
(30 歳 6 か月)

↑7 交叉咬合
ブラケットトライアングル
口が閉じにくい

【動的期間 2 年 5 か月】2024 年 11 月 13 日
(33 歳 1 か月)

ワイヤー除去
上下顎前歯部舌側固定

画像 3 側貌写真と口腔内写真

症例 3

初診時年齢：63 歳 6 か月

性 別：女性

主 訴：前歯の隙間を綺麗にしたい

経 過：歯周疾患および齲蝕に罹患しており、急性症状発現時のみ他院を受診していた。今回、下顎右側中切歯に疼痛および動揺を自覚し当院を受診した。患者は同歯の抜歯を希望し、保存不可能と診断したため、当日抜歯を施行した。抜歯後の欠損部の補綴方法につ

いて説明・相談を行ったところ、矯正歯科治療を希望された。

治療経過

患者が老年期であることから、早期の治療終了を目標とし、矯正治療・歯周治療・齲蝕治療を同時に開始した。上下顎に同時期に KBT マルチブラケット装置を装着し、0.016" から 0.18" φ の NiTi レギュラーワイヤーを用いてレベリングを行った。その後、NiTi 角

ワイヤー（0.016" × 0.022"）に変更し、下顎右側犬歯－第二小臼歯間にオープンコイルスプリングを装着することで、舌側傾斜している右側第一小臼歯のの整直を図った。続いて、下顎切歯部の抜歯空隙をエラス

ティックチェーンにて閉鎖した。

動的治療期間は1年であった。保定は、上下顎犬歯間に舌側固定式リテーナー（FSW リテーナー）を装着した。

2020 年 9 月 12 日
(60 歳 11 か月)
初診時



2023 年 2 月 6 日
(63 歳 4 か月)
下顎右側 1 抜歯後



2024 年 4 月 2 日
(64 歳 6 か月)
矯正終了時



画像 4 口腔内写真

考 察

本症例報告では、KBT マルチブラケットシステムを用い、小児・成人・高齢者という異なる年代の患者に対して矯正治療を行い、いずれの症例においても良好な治療結果が得られた。

KB テクニックの基盤となるベッグ法の基本理念は、「正常な機能が正常な歯列・咬合を育成する」という考えに基づき、単なる歯列配列にとどまらず、顎顔面の成長発育や口腔周囲筋との調和を重視する点にある。また、亀田らの報告においても、生体に無理の少ない弱い矯正力を用い、患者の成長段階や口腔内環境に応じた治療設計の重要性が示されている（文献番号 (1) (2)）。

症例 1 では、成長期の女兒に対し、家族歴から将来的な骨格性下顎前突の可能性を考慮しながら治療を行った。NiTi ワイヤによる弱い持続的矯正力を用いることで、生体への負担を抑えつつ歯列の改善を図ることができた。また、Ⅲ級ゴムの使用および長期保定の選択は、成長予測を踏まえた KB テクニックの理念に整合するものである。さらに早期介入により、将来的な不正咬合の進行抑制にも寄与した可能性が示唆される。

症例 2 では、成人患者の審美的要求に対し、咬合機能の改善と口元の調和を目的として治療を行った。IPR を併用することで歯列空隙の獲得を図り、正中の

改善および開咬の改善に寄与した。本症例は再治療症例であったが、比較的シンプルな治療手順により安定した治療経過が得られ、患者の希望に沿った結果が得られた点に意義がある。

症例 3 では、高齢患者に対し歯周治療および齲蝕治療と並行して矯正治療を行い、短期間での機能回復を目指した。弱い矯正力を用いることで歯周組織への負担を最小限に抑えつつ治療を進めることができた。また、矯正治療を契機として口腔内衛生意識の向上が認められ、咀嚼機能の改善のみならず、審美性や食生活の改善にも寄与し、結果として QOL の向上につながったと考えられる。

以上より、KBT マルチブラケットシステムは、成長段階や口腔内環境の異なる患者に対して柔軟に適応可能であり、生体親和性の高い矯正治療法であることが示唆された。

参 考 文 献

- 1) 亀田 晃 亀田 剛 最新の KB テクニック：改良型ベッグ法の実践. 東京：クインテッセンス出版：2010.
- 2) 亀田 晃 歯科矯正辞典. 新版. 東京：クインテッセンス出版：2018.

症例報告

上顎側切歯抜歯および犬歯形態修正を用いた叢生症例の矯正治療

栗原 洋平

栗原ホワイト歯科、北海道、北海道支部

Orthodontic Treatment of Dental Crowding Using Maxillary Lateral Incisor Extraction and Canine Morphological Modification: A Case Report

Yohei KURIHARA

Kurihara White Dental Clinic, Hokkaido, Hokkaido Branch

抄録：本症例は、重度の叢生および前歯部の咬合干渉により、下顎後退位を呈した症例である。既に下顎犬歯の抜歯が行われていたため、追加のスペース獲得には制限があり、上顎側切歯抜歯を選択した。一般に、上顎側切歯抜歯は審美的・機能的リスクを伴うが、本症例では犬歯形態修正を適切に行うことで、歯列の調和および自然な審美性を獲得した。さらに、前歯部被蓋の改善により下顎前方位が確保され、顔貌のバランス改善にも寄与した。以上より、上顎側切歯抜歯は適応の慎重な判断を要するものの、重度叢生や既存の抜歯状況によっては有効な治療選択肢となり得ることが示唆された。また、治療計画においては、スペース確保のみならず、審美性・機能性・顔貌の調和を総合的に考慮することの重要性が再確認された。

診査・診断

初診時年齢：22歳4か月

性別：女性

主訴：前歯部の審美性の改善

既往歴

高校生時より前歯部の審美障害を自覚していた。過去に下顎両側犬歯の唇側転位が認められ、下顎左側犬歯は急性歯髄炎を発症した既往を有する。審美的改善を目的として、下顎両側犬歯は既に抜歯されていた。

初診時所見

・顔貌所見

上顎中切歯の唇側突出により口元の突出感が強く認められた。下顎歯列は舌側位にあり、顔貌は相対的に後退した印象を呈していたが、骨格的な下顎後退は認められなかった。また、おとがい部の後退により、下顔面に陥凹感が認められた。

正面 対称

側貌 コンベックス型

・口腔内所見

上顎歯列に重度の叢生を認めた。特に上顎左側中切歯は著しく唇側傾斜し、上顎側切歯はその後方に重なるように位置していた。これにより下顎前歯との咬合干渉が生じ、下顎は後方へ誘導されていた。一方、下顎歯列には軽度の叢生を認め、前歯部は舌

側傾斜を呈していた。

・X線所見

パノラマX線写真にて、全顎的に修復歯を認め、第三大臼歯の埋伏が確認された。セファロ分析では、SNA 80.8°、SNB 74.5°を示し、下顎の後退が認められた。また、下顎前歯の傾斜度はL1-MND 84.1°、L1 to SN 63.6°と低値を示し、著しい舌側傾斜が認められた。

・歯系の所見

Hellman の歯年齢：VA

下顎左右側犬歯の欠損（他院にて抜歯が施行されていた）

オーバージェット +16.0mm、オーバーバイト +6.0mm
アングルⅡ級1類

診断

機能的な下顎後退と上顎前突傾向を伴う重度叢生症例

治療方針

既に下顎両側犬歯が抜歯されていたため、追加のスペース獲得には制限があった。上顎前歯部の著しい叢生を改善する目的で、上顎側切歯を抜歯対象とした。レベリング後は犬歯を側切歯様に形態修正し、審美性と機能性の両立を図る方針とした。

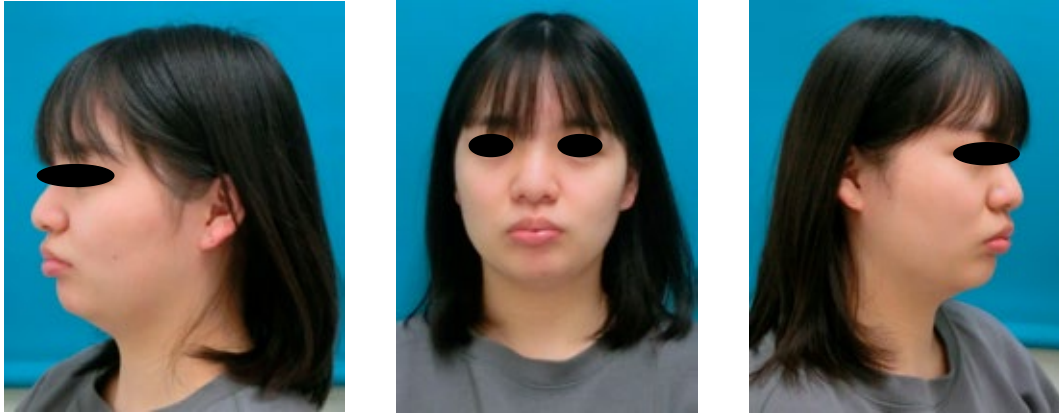


図1 顔貌写真（初診時）

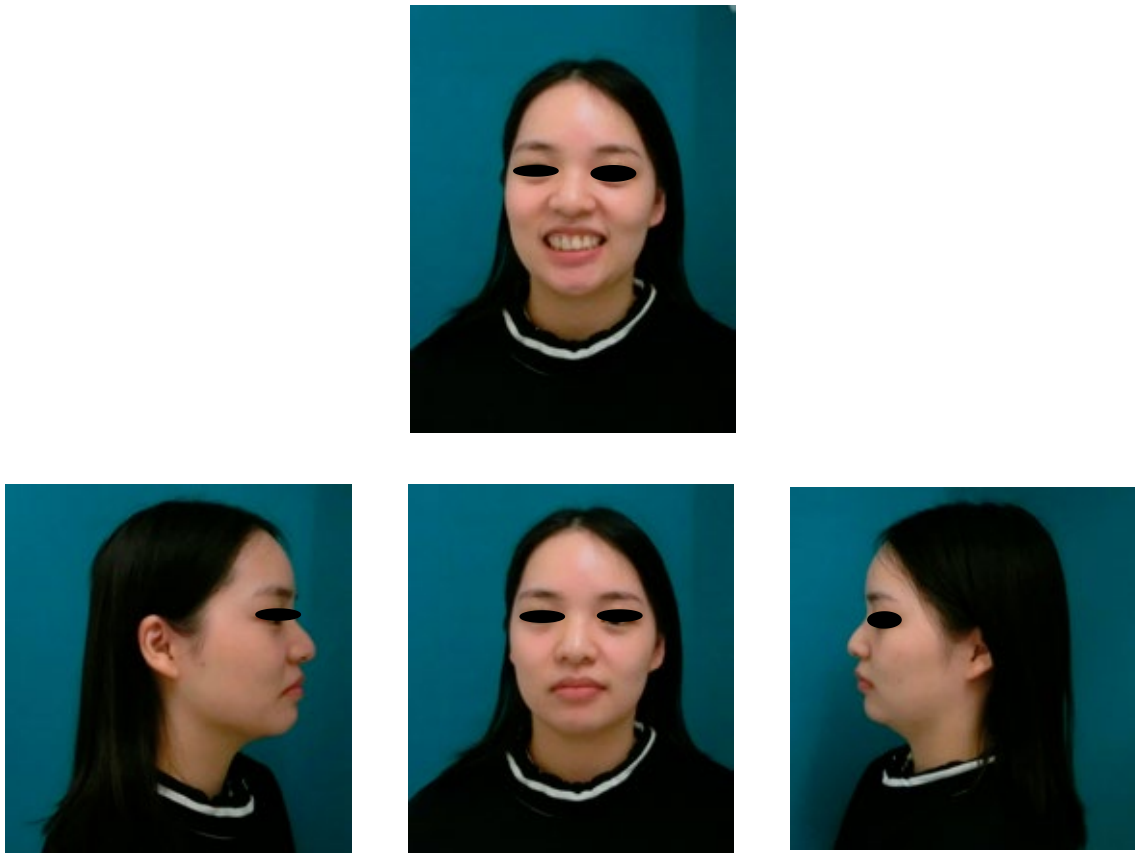


図2 顔貌写真（治療後）

治療経過

KBT マルチブラケット装置を用いて治療を開始し、Ni-Ti ワイヤーによりレベリングおよび叢生の除去を行った。治療開始7か月後には叢生の改善が認められた。その後、アップライトスプリングの使用およびブラケットポジションの修正により歯軸の改善を行い、最終調整を経て動的治療を終了した。動的治療期間は13か月であった。歯列の配列および咬合の確立は計画通りに進んだ。

治療開始時年齢は22歳4か月、治療終了時年齢は23歳5か月であった。

治療結果

オーバーバイトは+2.0mm、オーバージェットは+2.0mmとなり、適切な被蓋関係が確立された。上顎・下顎ともに歯列弓形態は整い、良好な咬合接触が獲得された。また、上顎前歯の突出感は改善し、側貌のバランスは向上した。さらに、口元の緊張は軽減され、自然で調和のとれた顔貌が得られた。患者の満足度も高く、治療終了後は保定へ移行した。

保定および経過

上顎 3113 ボンダブルリテーナー essix リテーナー
下顎 リンガルバー essix リテーナー

保定開始後 20 か月経過時においても、歯列および咬合の安定は良好に維持されており、後戻りは認められない。

考察

本症例は、重度叢生に加え、前歯部の咬合干渉に起因する機能的下顎後退を伴った症例であり、歯列不正の改善のみならず、機能的および審美的側面を包括的に考慮した治療戦略が求められた。一般に、上顎側切歯抜歯は、歯冠形態や歯肉ラインの不調和、色調差といった審美的問題に加え、犬歯誘導の喪失などの機能的リスクを伴うため、慎重な適応判断が必要とされる。

しかしながら本症例では、既に下顎両側犬歯が抜歯されているという条件が存在し、小臼歯抜歯あるいは非抜歯によるスペース獲得では、歯列および咬合の調和を十分に達成することが困難であった。このような背景から上顎側切歯抜歯を選択した結果、著しい叢生に対して効率的なスペース獲得が可能となり、歯の移動量の軽減および治療期間の短縮に寄与したと考えられる。また、歯列弓の対称性を維持しつつ前歯部の突出感を改善できた点も臨床的に有意義であった。

さらに本症例では、犬歯を側切歯として機能させるための形態修正が重要な役割を果たした。歯冠幅径や切縁形態、歯頸線の位置、色調の調整を適切に行うことで、審美的違和感を最小限に抑え、自然な前歯部形態を獲得することができた。これは、側切歯抜歯症例における審美的課題に対し、形態学的介入が有効であ

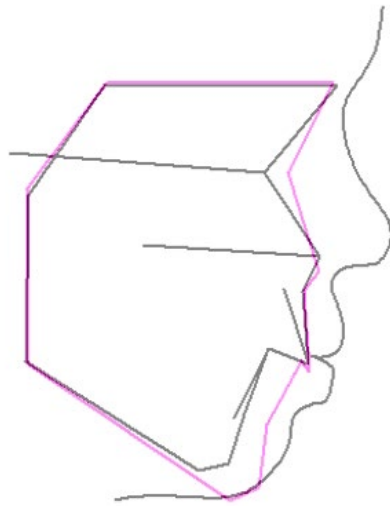


図3 初診時 標準値との重ね合わせ

- セファロ計測においては、 $SNB = 74.5^\circ$ と、下顎の後退が認められた。下顎前歯の傾斜度 ($L1-MND = 84.1^\circ$, $L1 \text{ to } SN = 63.6^\circ$) が強く明らかに舌側へ傾斜していた。

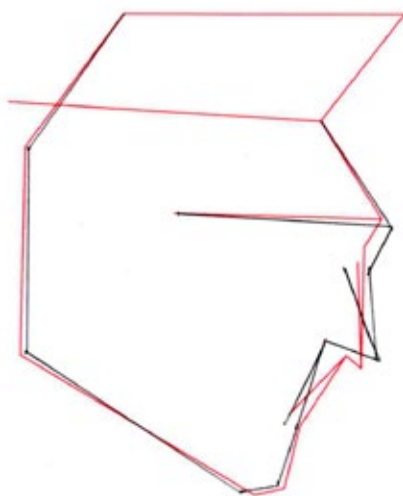


図4 初診時（黒） 治療後（赤）の重ね合わせ

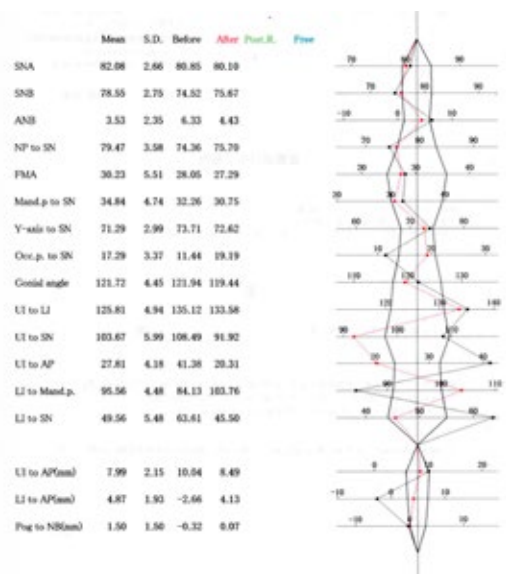


図5 頭部 X 線規格側貌写真の分析



図6 口腔内写真（初診時）



図7 口腔内写真（7 か月）



図 8 口腔内写真（13 か月）



図 9 口腔内写真（保定 20 か月）



図 10 パノラマレントゲン (治療前)



図 10 パノラマレントゲン (治療後)

ることを示唆するものである。

咬合機能の観点からは、前歯部被蓋の改善により咬合干渉が解消され、下顎の生理的前方位が確立された点が重要である。術前に認められた下顎後退は骨格的要因ではなく機能的要因に起因するものと考えられ、適切な咬合関係の再構築により自然な下顎位が誘導された。その結果、側貌の改善および下顔面のバランスの向上といった顔貌的改善が得られた。

一方で、本治療法には長期的な咬合安定性や犬歯誘導の確保、歯周組織への影響、さらには形態修正部位の経年的変化といった課題が残されている。したがって、適応症の選択に際しては歯の形態や歯肉ライン、スマイルラインなどを総合的に評価する必要があり、治療後の長期的経過観察が不可欠である。

結論

本症例では、下顎犬歯欠損という制約のもと、上顎側切歯抜歯と犬歯形態修正を併用することで、重度叢生の改善と審美性および機能性の両立が達成された。特に、前歯部被蓋の正常化により機能的な下顎後退が改善され、顔貌バランスの向上が得られた点は臨床的に重要である。

また、犬歯の適切な形態修正により、側切歯欠損に伴う審美的問題を最小限に抑え、自然な歯列の調和が獲得された。以上より、上顎側切歯抜歯は一般的な選択肢ではないものの、症例特性および既存の抜歯状況を十分に考慮し適応を慎重に選択することで、有効な治療法となり得ることが示唆された。

今後は、本治療法の長期的安定性および審美性の維持について継続的に評価し、その有用性をさらに検証する必要がある。

投 稿 票



Journal of Begg Orthodontics

* 到 着 日 年 月 日	* 原稿受取 受取 ・ 返却 (資料不備)
* 受 付 日 年 月 日	* 審議結果 受理 ・ 照会 ・ 返却
* 修正稿受付日 年 月 日	* 掲 載 第 卷 号

*欄は記入不要

種 別： 原著 臨床 その他

表 題：

著 者 名：

連 絡 先：氏名

所属

住所〒

TEL ()

FAX ()

E-mail

本学会もしくは他学会（日本矯正歯科学会等）の認定医の取得
もしくは更新（予定も含む）に

使用する ・ 使用しない

→ 使用すると答えた方：掲載証明書が

必要である ・ 必要ない

原稿枚数 (表題, 抄録, 文献を含む)	枚	* 可 ・ 否 (不足)
図 (写真を含む)	枚	* 可 ・ 否 (不足)
表	枚	* 可 ・ 否 (不足)
別刷希望部数	部	* 可 ・ 否 (不足)

*欄は記入不要

貴稿がJ Begg Orthod.の投稿要領および投稿の手引きに沿ったものであるかを確認されて、左欄にチェックして下さい。

著 者
チェック

- ☐ 人を対象とした場合はヘルシンキ宣言を遵守し、その精神に基づいて倫理的にかつ患者あるいは被験者との間にインフォームドコンセントが交わされていることが論文に明記されていますか？
- ☐ 健常者が被験者である場合は同意文書の写しを添付してありますか？
- ☐ 論文内容は本学会に相応しい内容ですか？
- ☐ 論文はワープロソフトを使用し、A4用紙に簡潔に書かれていますか？
- ☐ 常用漢字、現代仮名遣いになっていますか？
- ☐ キーワードは5語以内で記入してありますか？
- ☐ ランニングタイトル（40字以内）で記入してありますか？
- ☐ 文献は所定の書き方で、引用順となっていますか？
- ☐ 表紙に連絡先を記入してありますか？
- ☐ 表および図（写真を含む）はA4用紙を用いて1枚ずつ作成してありますか？
- ☐ 表および図に関して、それぞれ通し番号および筆頭著者名が記入してありますか？また、その表題と説明文を添付してありますか？単位は記入してありますか？
- ☐ 図、表、とくに写真は印刷に耐えられるクオリティーがありますか？
- ☐ 原稿は表題ページを第1ページとして、以下投稿の手引きで指定した順番に綴じてありますか？また、通しページ番号を各ページ最上段右端に記載してありますか？
- ☐ 原本の他にコピーを2部添付してありますか？
- ☐ 投稿票、誓約書、表題の英訳、CD-Rは添付してありますか？



誓 約 書

私は、次の誓約のもとに下記論文（以下「本著作物」）の特定非営利活動法人 日本ベッグ矯正歯科学会雑誌への掲載を申し込みます。

1. 私は、本著作物が他紙に未投稿であること及び本誌に掲載されないことが明らかになるまで本著作物を他紙には投稿しないことを誓約いたします。
2. 私は、私が本著作物の著作者であり本著作物の著作権を保有していることを誓約いたします。私は、本雑誌編集委員会が掲載に際して必要と判断する変更、削除その他の修正を加えることをここに承認いたします。
3. 私は、本著作物が第三者の権利を侵害するものではなく、また、使用承諾を受けている場合、その承諾書の写しを本誓約書に添付していることを誓約いたします。
4. 私は、万が一本著作物の内容が第三者の権利を侵害することになった場合は、私が全ての責任を負担することを承諾いたします。この責任は、本雑誌編集委員会により本著作物に変更、削除その他の修正が加えられた場合であっても同様とします。
5. 私は、本著作物および誓約書を全て自分の意志で記載し投稿していることを誓約いたします。

題 名：

著 者	_____ 印	_____ 印	_____ 印
	_____ 印	_____ 印	_____ 印
	_____ 印	_____ 印	_____ 印
	_____ 印	_____ 印	_____ 印

* 注 著者が複数の場合には全員署名捺印して下さい。

* 注 御投稿の際には必ず原稿に添付して下さい。

矯正歯科治療継続依頼書 (Patient transfer form)

_____先生 (TEL: ()) 年 月 日

下記の患者、当院にて矯正歯科治療中でしたが、_____のため通院が困難となりました。
貴院にて今後の矯正歯科治療の継続を御依頼致します。宜しくお願い申し上げます。

1. 患者名: _____ (男・女) _____ 年 月 日生 (歳)

保護者名: _____

連絡先: _____ TEL: _____

_____ FAX: _____

2. 診断: _____ 特記事項: _____

治療方針: _____

初診時資料: (模型、セファロ、顔面写真、口腔内写真、パノラマ、デンタル)

3. 動的治療開始年月日: _____

4. 治療経過 (資料採得日および資料):

年 月 日	処置内容、資料採取 (セファロ、パノラマ、デンタル、顔面・口腔内写真)

5. 現 況: (動的治療中、保定中、経過観察中、その他)

使用テクニック: _____ 付加装置: _____

ブラケット(スロットサイズ): _____ バッカルチューブ: _____

ワイヤーサイズ: 上顎: _____ 下顎: _____ ベンドの有無: _____

エラスティック:

6	3	3	6
6	3	3	6

 ()

6. 患者の協力度: _____ 7. 転医資料: (患者持参、別送、その他)

8. 当院での治療費と支払いの状況 (別紙コピー参照) と返金の有無: 有 ・ 無

9. 動的治療終了予測期間: _____ 年 _____ 月頃の予定

10. その他、特記事項に関する添付資料: (有 ・ 無)

診療機関名: _____ TEL: _____

住 所: _____ FAX: _____

担当医: _____ ㊞ _____ Email: _____

Orthodontic Patient Transfer Form

Date / /

T O :

F R O M :

Address : _____ Zip _____

Tel : _____ Fax : _____ E-mail : _____

1. PATIENT'S NAME : _____ M/F

Date of Birth : _____ Age : _____

Address : _____ Zip _____

Tel : _____ Fax : _____ E-mail : _____

2. CASE ANALYSIS : _____

TREATMENT PLAN : _____

3. TREATMENT RECORDS :

Date	
/ /	
/ /	
/ /	
/ /	
/ /	

4. PRESENT TREATMENT : ☐Active Treatment ☐Retention ☐Observation ☐Other

Technique : _____ Auxiliary appliance : _____

Type of Bracket : (Manufacture, Slot size, Torque, Angulation, etc.) _____

Arch wire size : Upper _____ Lower _____

6	3	3	6
6	3	3	6

Elastics : _____

Estimated active treatment time : _____

5. PATIENT COOPERATION :

Appointments (excellent, good, poor) Oral hygiene (excellent, good, poor)

Appliance (Headgear, Elastics, etc.) (excellent, good, poor)

Patient attitude toward treatment (positive, negative)

Suggestions for patient motivation _____

6. TRANSFER OF RECORDS :

☐No records were obtained ☐Records being forwarded under separate cover

☐Contact our office after patient arrives and we will forward records

7. FINANCIAL CONTRACT : Copy enclosed

GENERAL REMARKS : _____

Signature : _____ Date : _____ / _____ / _____

The Japanese Begg Society of Orthodontics

編集委員会からのお知らせ

ここに『Journal of Begg Orthodontics』Vol.46 No.1 をお届けいたします。
発行が遅れましたこと、心より深くお詫び申し上げます。
今後とも、皆様からの積極的なご投稿を賜りますよう、
何卒よろしくお願い申し上げます。

- 【Vol.47 No.1 の予定】・原稿〆切：令和 8 年 10 月末
・査読／論文の修正終了予定：令和 8 年 11 月末
・雑誌発行予定：令和 8 年 12 月末

編 集 査 読 委 員

栗 原 洋 平・山 本 雅 也

Journal of Begg Orthodontics
VOLUME 45 NUMBER 1

令和 8 年 8 月 31 日印刷

令和 8 年 8 月 31 日発行

編集人 栗 原 洋 平

発行人 亀 田 剛

発行所 特定非営利活動法人 日本ベッグ矯正歯科学会
事務局 学術社
〒115-0055 東京都北区赤羽西 6-31-5
TEL (03)5924-1233
FAX (03)5924-4388
ホームページ <http://www.jbso.org/>

2025 年（令和 7 年度）
特定非営利活動法人 日本ベッグ矯正歯科学会
賛助会員各社

(株)JM Ortho

〒101-0062

東京都千代田区神田駿河台 2-2 御茶ノ水杏雲ビル 14F

TEL: 03-5281-4711 FAX: 03-5281-4716

東京臨床出版(株)

〒541-0053

大阪府大阪市中央区本町 1-1-3

TEL: 06-6264-7136 FAX: 06-6264-7137

(有)バルビゾン

〒273-0005

千葉県船橋市本町 5-8-5 アメニティープラザ 103

TEL: 047-460-7818 FAX: 047-460-7819

合同会社ヒポクラテス

〒111-0053

東京都台東区浅草橋 3-28-12-303

FAX: 050-3852-4496

（五十音順）

BEGG

Journal of Begg Orthodontics

Vol.46 No.1

2026

目次

●総説●

いま知っておきたい矯正歯科臨床の要点

— 保定戦略、デジタル化の課題を踏まえたアライナー再考、
薬事上の留意点、MRI 検査時のリスク管理、および消毒戦略 —

亀田 剛 ————— 3

●症例報告●

KBT マルチブラケットシステムを用いた年代別治療の 3 症例

小林 千里 ————— 24

上顎側切歯抜歯および犬歯形態修正を用いた叢生症例の矯正治療

栗原 洋平 ————— 29

The Japanese Begg Society of Orthodontics



ISSN 2760-1366