

Digital dentistry 時代における「顎運動」の必要性

—顎運動の可視化・数値化によって進化する補綴臨床の実際—

杉元敬弘^a, 重本修伺^b, 松本勝利^c, 小川 匠^b

In the age of digital dentistry, the need for a deeper understanding of jaw movement
– Current state of prosthodontic treatment evolving through visualization
and quantification of jaw movement –

Norihiro Sugimoto, DDS^a, Shuji Shigemoto, DDS, PhD^b, Katsutoshi Matsumoto, DDS, PhD^c,
and Takumi Ogawa, DDS, PhD^b

抄 録

現代の歯科医療の進歩を牽引するデジタル技術による歯科医療、いわゆるデジタルデンティストリーは、歯科医療技術の向上だけでなく、それらのあり方を変革しつつある。しかし、顎運動に関連する臨床術式は術者の経験や技術に頼っている主観的な部分が多く、デジタルワークフローに反映させることは非常に難しい。そのためには顎口腔の形態と機能をデジタル化し、統合・解析することで顎運動についてできるだけ可視化・標準化し、「Science」と「Art」の両立を目指す必要がある。今回は顎運動のデジタル情報によって、日々の補綴臨床の試行錯誤的な部分の効率化と治療法のシステム化、簡素化を目指した取り組みについて説明したい。

キーワード

Digital dentistry, 可視化, 標準化, 科学と匠

ABSTRACT

Dentistry based on digital technology, or so-called digital dentistry, which is driving the progress of modern dentistry, is not only improving dental medical technology, but is also fundamentally changing the very nature of dentistry. However, many clinical procedures related to jaw movement are subjective in nature, relying on the experience and skill of the dentist, and it is very difficult to reflect these in a digital workflow. For this purpose, it is necessary to collect morphological and functional information of the oral and maxillofacial region digitally, integrate and analyze them to visualize and standardize jaw movement as much as possible, and reconcile “Science” and “Art”. In this article, I would like to explain our efforts to streamline the trial-and-error part of daily clinical practice and to systematize and simplify treatment methods using “jaw movement” digital information.

Key words:

Digital dentistry, Visualization, Standardization, Science and art

^a スギモト歯科医院

^b 鶴見大学歯学部クラウンブリッジ補綴学

^c あらかい歯科

^a Sugimoto Dental Clinic

^b Department of Fixed Prosthodontics, Tsurumi University School of Dental Medicine

^c Arakai Dental Clinic

I. 日常臨床における顎機能の評価の標準化と可視化の必要性

日常臨床において、「噛みにくさ」や「噛み心地の悪さ」など咬合の違和感を訴える症例を少なからず経験する。これらの患者は、「治療する前は咬み合わせに問題なかった」と訴える場合がある。なぜ、このような事象が起きるのか？ このようなことにならないためにはどうしたらいいのか？ 我々は、患者と歯科医療従事者の術前・術中・術後における治療の情報共有の不足が原因ではないかと考えている。

患者の形態やその変化についての「評価の標準化、可視化や数値化」は CAD/CAM 技術の発展に伴い比較的容易になってきたが、患者の「噛みやすさ」、「噛みにくさ」といった目に見えない感覚や機能の「評価の標準化、可視化や数値化」はいまだ困難な状態である。そのため、歯科医師の診断基準が曖昧になったり、術後の治療結果の判定が患者の主観に左右されることになったりする。歯科医師は、自分が実際に行った治療の「妥当性」や「予後の良否」をいかに客観的に評価し患者に提示できるかが大きな課題である。

これらの問題を解決するために、日常臨床の現場で以下のような情報とプロトコル（疾患および障害の診断・治療手順）が必要と考えている。

①治療結果（顎機能）の評価法

治療結果の予後の推察

咬合治療終了や最終補綴に入るタイミングの明確な評価の標準化と可視化

→試行錯誤を排除して治療期間の短縮

②術前の咬頭嵌合位の評価の標準化と可視化

患者に明確に治療の必要性を示せて、客観的に誰もがわかるものが欲しい

機能時の咬合接触の可視化：患者にも理解できる直感的なもの

→問題点を明確にすることによって、歯科医師（歯科医療従事者）と患者の相互理解

③顎位や歯列形態の変更が必要となった時の治療プロトコル

治療顎位（適正な顎位）の決定法

咬合高径の決定法（増減可能な範囲は？）

アンテリアガイダンスの決定法

咬合平面の決定方法

→治療後の口腔内のイメージを具現化し、患者、当医および治療に関わる専門医間での方向性を明確にできる（治療計画立案のための診断シミュレーション）。

これらは、臨床医と研究者が協力して明らかにしていくべきであり、実証するには、術前、術中および術後の形態と顎機能に対する評価の標準化と可視化および得られた情報のデータベース化が必要である。そのため、我々は「次世代 CAD/CAM システムの開発研究」に取り組んでいる。今回は次世代 CAD/CAM システムの主要技術である「可視化システム」を用いて、日常補綴臨床の試行錯誤的な部分の効率化と治療のシステム化、簡素化を目指した取り組みについて私の医院（スギモト歯科）での症例を供覧しながら説明する。可視化システムやその評価基準の解説については、「Digital dentistry 時代における「顎運動」の必要性—見えないものを「観る・診る」ために—」をご参照いただきたい。

II. 治療結果の明確な評価の標準化と可視化

治療効果の評価の標準化と可視化を行うと、歯科医療従事者は自分が行った治療の確実な指標を得ることで、治療レベルが向上し国民に質の高い歯科治療を提供できる。一方、患者は歯科治療によって自分の咬合機能がどのように変化し改善したかを客観的に知ることができ歯科治療への高い満足度を得ることができ

る。CT やスキャナから得られる静的なデジタル情報を活用して診断、治療計画を立案し、補綴治療を行った症例（Case 1）について「可視化システム」を用いて動的な顎機能評価を行い、実際に行った治療の妥当性について検討した。

Case 1

Patient Details:

性別：女性（歯科医師からの紹介）。

- ・職業：主婦。
- ・生年月日：1956 年 3 月 18 日。
- ・初診日：2012 年 8 月 23 日（初診時 56 才）。
- ・主訴：左上 6 に歯槽膿漏の進行による咀嚼障害を自覚しインプラントを希望。
- ・左ではほとんどかんでいないため食事はかなり制限されている。
- ・歯科的既往歴：以前から近医には通院しているが、主訴部のみの対応で全顎治療をうけたことはない。
- ・全身的既往歴：特記事項はなし。
- ・診断：前歯部開咬、広汎型重度慢性歯周炎。

初診からの治療経過の口腔内写真を図 1 に示す。前歯部開咬および広汎型重度慢性歯周炎と診断し矯正

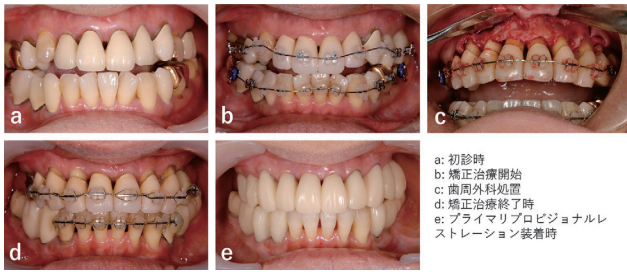


図1 Intraoral photographs at treatment steps (Case 1)
治療経過の口腔内写真 (症例1)
(牧草歯科 牧草一人先生と共同診療)

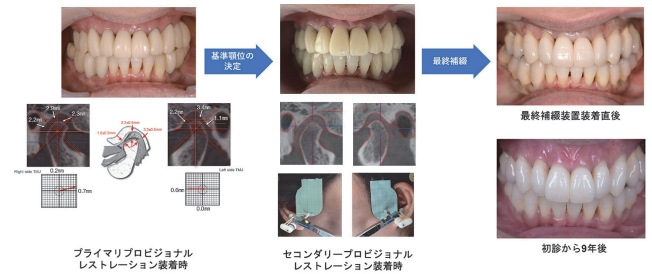


図2 Static and dynamic jaw function examination in prosthodontic treatment at Sugimoto dental clinic
スギモト歯科での補綴治療における静的, 動的な顎機能検査

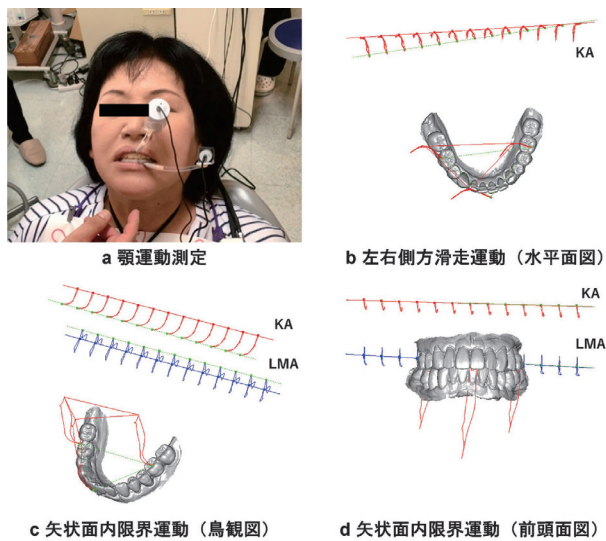


図3 Dynamic jaw function examination using Visualization system (Case 1)
可視化システムを用いた動的顎機能検査 (症例1)

治療, 歯周外科治療を行った後, 補綴治療を行う治療計画を立てた。歯周治療と平行して, セットアップ模型に基づいて矯正治療を行った。矯正治療終了後に上下顎にプライマリプロビジョナルレストレーションを製作・装着した。

プライマリプロビジョナルレストレーション装着後に開口と左右滑走時の運動制限の残存を認めた。私は, 顎機能に問題のある症例の基準顎位を求める際に, 主観的に評価するのではなく, 寿谷^{1,2)}による画像診断法とそれに連動した顎関節復位法に準じて目標とする治療顎位の基準値を求めている。これは静的な顎機能評価である。咬頭嵌合位におけるCT画像から左右下顎頭の骨関節隙を計測し平均値と比較・定量化することで, 顎偏位の評価の標準化と可視化を行っている。本症例では, 左右下顎頭ともに後方に偏位していた。左側の顎関節を前方0.6 mm, 右側の顎関節を前方0.7 mm, 上方0.2 mm 移動することにより適正な

位置関係になると診断でき基準顎位とした。この基準顎位への移動量を専用の咬合器上で調整し, 基準顎位で新たなセコンダリープロビジョナルレストレーションを製作した。患者に装着した当日に開口運動および左右滑走運動時の運動制限が解消された。アキシスパスレコーダーを用いて左右下顎頭の運動の収束性とスムーズな運動を確認できたことから最終補綴装置を製作・装着した (図2)。

動的な顎機能評価として, 各診療ステップでの開口運動および側方滑走運動の動画をスマートフォンで記録している。またアキシスパスレコーダーを用いて下顎頭の運動の収束性を評価している。いずれも手軽に記録でき顎機能を評価するのに必要な所見を得ることができるが, その評価は定性的なものにとどまり客観性, 再現性に乏しい。

治療の妥当性の評価と予後予測のためには, 動的な顎機能の可視化, 標準化が必須であると感じている。このことを検証するために, 我々が開発を進めている「可視化システム」を用いて動的な顎機能検査を行った (図3-a)。本症例では, 顎運動情報とスキャナから得られる歯列形態情報を用いて評価した (図3-b,c,d)。

顎機能異常者では, 全運動軸 (点) は下顎頭から離れた位置に算出される³⁾ 場合があると報告されている。本症例では, 3回測定した矢状面内限界運動のすべてで全運動軸 (KA) と最小運動軸 (LMA) が算出できた。すべての全運動軸点の顎路は下に凸の曲線状に収斂し運動論的な左右差は認めなかった。また, 最小運動軸 (LMA) は全運動軸 (KA) に対しほぼ平行で, 約30 mm 下方, 咬合平面の近傍に求められた (図3-c,d)。顎機能健常者と同様の特徴⁴⁾ を有していた。左右側方滑走運動も十分な運動範囲とスムーズな運動が観察できた (図3-b)。以上より本症例は顎機能に問題ないと判定した。



図4 Intraoral photographs at first visit and during treatment (Case 2)
初診時および治療中の口腔内写真 (症例 2)

この症例は初診から9年、顎機能だけでなく歯周組織の状態も良好に経過している。治療を行った症例の顎機能が維持あるいは改善したことが定量的に評価でき患者に提示できることは、歯科医師として非常に安心である。

III. 術前の顎機能の評価の標準化と可視化

広範囲の修復治療や矯正治療が必要な場合や適切で再現性のある咬頭嵌合位を喪失している場合には、適正な咬合高径と水平的な下顎位、並びに咬頭嵌合位を新たに設定する必要がある。しかし、咬合の再構成の必要性をどのように評価するのが問題となる。術前だけでなく術中および術後の顎機能の評価の標準化と可視化も必要であると実感している。ここでは、適切で再現性のある咬頭嵌合位を喪失していた症例 (Case 2) に術前の顎機能検査を実施し、咬合の再構成の必要性について検討した。

Case 2

Patient Details:

性別：女性。

- ・職業：大学講師。
- ・生年月日：1969年9月6日。
- ・初診日：2019年11月5日 (初診時50才)。
- ・主訴：他院で歯周病と咬合治療を行っているが、進め方に疑問があり当院を受診。
- ・痛みや腫れ、咀嚼困難はあるが、まず審美的な問題を解決してほしい。
- ・頭痛/肩こり等の愁訴はかなり以前から持っているよう。

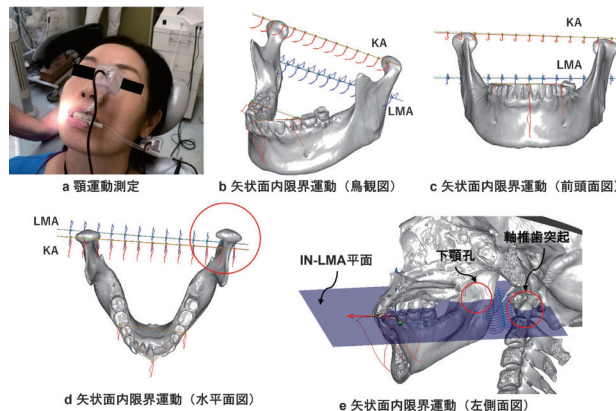


図5 Dynamic jaw function examination using Visualization system (Kinematic axis and Least motion axis)
動的顎機能検査 (全運動軸と最小運動軸)

- ・全身的既往歴：貧血 (特に現在治療は受けてない)。
- ・診断：咬合時違和感による咀嚼障害、広汎型重度慢性歯周炎。

まず、通法どおりに医療面接、診察および検査を行った (詳細な内容については紙面の都合上省略させていただく)。全顎的な歯槽骨の水平的、垂直的を認め、歯周病学的診断から動揺が著しく保存不可能と判定した要抜去歯の抜歯、歯周基本治療を行った (図4)。その後、「可視化システム」を用いた動的な顎機能検査を行った (図5-a)。また、治療顎位、咬合高径および咬合平面について評価を行った。

1. 動的な顎機能検査

可視化システムを用いた動的な顎機能検査を行った結果、以下のような所見を得た。

- ①全運動軸と最小運動軸はすべての対象運動で軸として算出できた (図5-b,c)。判定基準：算出した全運動軸点と推定した全運動軸の距離の二乗平均平方根 (Drms) が3.0 mm以下の場合、軸として算出可⁵⁾。
- ②全運動軸点の顎路は健常者と同様の下に凸の曲線状に運動論的に左右差は認めなかった。
- ③最小運動軸は下顎孔の後方で、全運動軸に対して約30 mm下方に位置している (図5-b,c,e)。
- ④全運動軸は左側では下顎頭付近を通過していない (図5-d)。①②③の所見から顎機能に問題はないと考えられるが、顎位あるいは咬合状態には問題がある可能性がある。
- ⑤咬頭嵌合位から開始した矢状面内限界運動の終末位は咬頭嵌合位に対して切歯点で約1.0 mm下顎後方位にあった。二態咬合 (デュアルバイト) であり咬

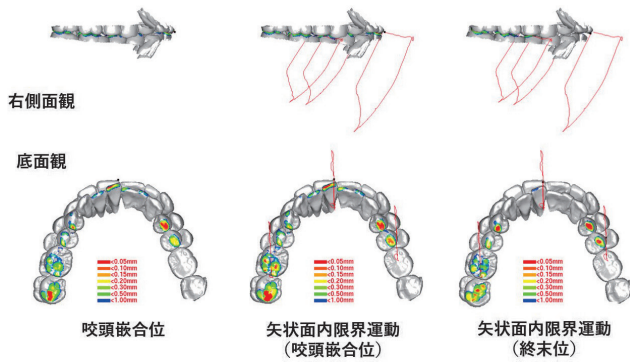


図6 Dynamic jaw function examination using Visualization system (dynamic occlusal contacts)
動的顎機能検査 (動的咬合接触)

頭嵌合位の再現性が低いことが確認できた (図6)。

⑥前後滑走運動時ならびに左側方滑走運動時にいずれも下顎右側大白歯部に咬頭干渉を認める (図7-a,b)。

⑦右側咀嚼運動時の咬合接触部位は右側臼歯部のみで臼歯部への咬合負担が大きく、前歯部が臼歯部を保護できていない (図7-c)。⑥⑦の所見から咬合調整部位が明確になる。

⑧慣性開閉口運動の閉口路で下顎回転運動範囲を判定すると全運動軸が咬頭嵌合位付近に復したときには切歯点も咬頭嵌合位近くに位置しており、咬合を挙上することは難しいと思われる。

2. 静的な顎機能評価 (治療顎位の決定)

二態咬合のため適正で再現性のある咬頭嵌合位を喪失していると判定した。治療顎位の基準値を求めるためにCT画像による骨関節隙からの静的な顎機能評価を行った。本症例では、CT撮影時の咬頭嵌合位から左右下顎頭ともに後方に偏位していた。左側の顎関節を前方1.06 mm、下方0.94 mm、右側の顎関節を前方0.73 mm、下方0.85 mm 移動することにより適正な位置関係になると診断でき基準顎位とした。

3. 咬合高径の検討

顔面計測法 (Willis 法) による瞳孔-口裂間距離と鼻下点-オトガイ底間距離はほぼ等しかった。また、従来のセファロ画像やCT画像データを再構成したdigitally reconstructed radiograph (DDR) から咬合高径に関連する、FMA (下顎下縁平面傾斜角) とLFH (下顔面高) について評価を行った。FMAは約30°、LFHは約50°と標準値であった。咬合高径には

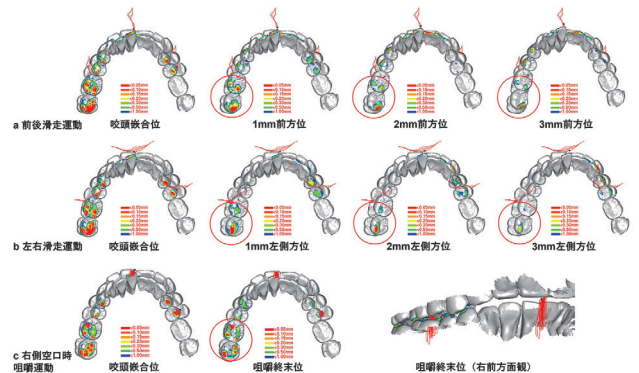


図7 Dynamic occlusal contacts during protrusion, right lateral excursion, and empty right chewing
前方、左側方滑走運動時および空口時咀嚼運動時の動的咬合接触像

問題ないと判定した。

4. 咬合平面の検討

DDRからCamper平面と咬合平面の関係を3次的に評価するとほぼ平行であった。また、顎機能健全者の咬合平面は軸椎歯突起を通る⁶⁾、咬合平面は下顎孔付近を通る⁷⁾、切歯点と最小運動軸を通る平面 (IN-LMA平面) は咬合平面とほぼ同様の平面である⁸⁾と報告されている。本症例のIN-LMA平面は、軸椎歯突起を通っており、咬合平面の位置と姿勢に問題はないと判定した (図5-e)。

以上の結果から

咬合時違和感による咀嚼障害、広汎型重度慢性歯周炎と診断し歯周治療、歯内治療、インプラント治療、歯科矯正治療の後に以下のような咬合再構成が必要であると判定し、治療計画について患者に明確に説明することができた。

①適切で再現性のある咬頭嵌合位を喪失しているため、咬合の再構築が必要である。

②口腔内の崩壊からイメージするより、顎機能、咬合平面や咬合高径は健全な状態を保っているが、顎位の補正は必要と考えられる。

③臼歯部のインプラントを含めた広範囲の補綴になるため、アンテリアガイダンスなどの機能的な歯列形態は付与する必要がある。

治療後の口腔内のイメージを具現化し、患者、担当医および治療に関わる専門医間での方向性を明確にするために上記の情報からシミュレーションソフトBioNa[®] (和田精密歯研社製) を用いて治療計画立案のための診断シミュレーションを行った。これにより、術後の顎位の予測、術後の歯列の予測および術後

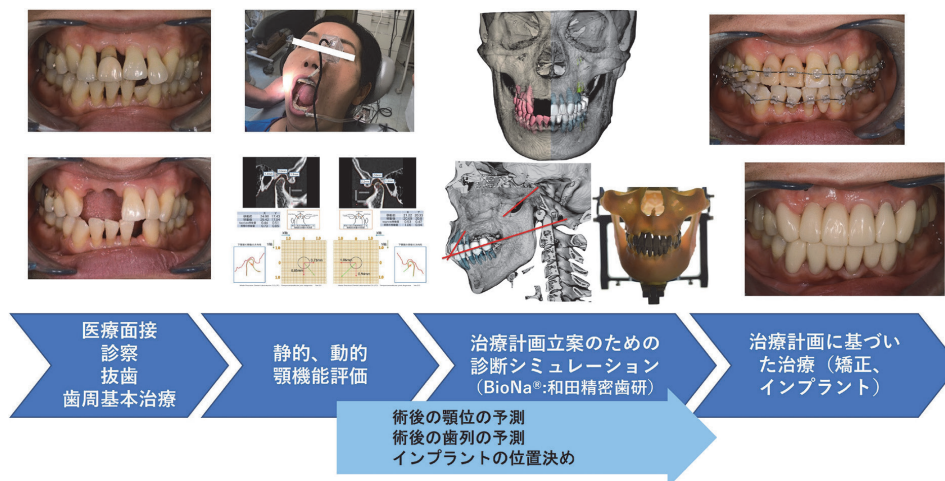


図 8 Current status of prosthetic treatment with visualization and standardization of jaw function
顎機能の可視化，標準化による補綴治療

の歯列に対する理想的なインプラントの位置決めを定量的に評価することができる。現在は，矯正治療が終了し，診断に基づくプロビジョナルレストレーションを装着している（図 8）。患者の適応を待つて再度顎機能評価を実施し最終補綴への移行時期を決定する予定である。

IV. まとめ

顎運動測定を行い，咬合・顎運動を可視化，標準化するだけで治療の問題のすべてを解決できるわけではなく，従来の術式が必要なくなるわけでもない。ここで紹介した症例だけで，最初に述べた「日常補綴臨床の試行錯誤的な部分の効率化と治療システムの簡素化」が達成できているとは言い難いが，「できること」，「わかること」が増えたのも事実である。これまででは，歯科医師や歯科技工士の経験や技術に依存していた診断や補綴装置の設計について，一部ではあるが，客観的な指標を提供することができたことは，我々にとって最初の大きな一歩であると実感している。今後，多くの臨床家，研究者の協力を得て，さまざまな症例の形態と機能情報を記録，蓄積し，それを分析・最適化することで歯科補綴デジタルツインズを構築でき，精密歯科補綴の実現につながると期待している。

文 献

- 1) 寿谷 一. 顎関節機能障害の診断と治療指針（上）. 補綴臨床 1997；30：327-36.
- 2) 寿谷 一. 顎関節機能障害の診断と治療指針（下）. 補綴臨床 1997；30：501-14.
- 3) 長谷川成男ほか. 6 自由度顎運動測定器のこと. 補綴誌 1998；42：928-31.
- 4) 伊藤崇弘ほか. 下顎運動情報を用いた運動論的基準軸の空間的特徴の検討. 顎機能誌 2017；23：132-33.
- 5) 伊藤崇弘ほか. 顎機能異常者における運動論的基準軸の検討. 顎機能誌 2019；25：108-9.
- 6) Ueda H et al. Correction of the maxillary occlusal plane relieves persistent headache and shoulder stiffness. Tohoku J Exp Med 2005；205：319-25.
- 7) Fernandes ACS et al. Mandibular foramen location and lingula height in dentate dry mandibles, and its relationship with cephalic index. Int J Morphol 2015；33：1038-44.
- 8) Ito T et al. Proposal of functional landmark for determining occlusal plane. J Jpn Soc Stomatognath Funct 2019；26：1-7.

著者連絡先：杉元 敬弘

〒610-0334 京都府京田辺市田辺中央1丁目2-11 アトリオパーク2F
医療法人 幸加会 スギモト歯科医院
Tel: 0774-64-2424
Fax: 0774-64-2266
E-mail: sgmtgd@gmail.com