

小型から中型犬における歯周ポケット表面積推算法の構築

岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科

病態制御科学専攻病態機構学講座 歯周病態学分野

田村 和也

Proposal to Estimate Periodontal Pocket Surface Area in Relation to Body Weight in Small to Medium-Sized Dogs

Department of Pathophysiology - Periodontal Science,

Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences,

Okayama University

TAMURA Kazuya

(令和2年12月9日受付)

緒言

小動物診療施設において犬の歯周病は、遭遇する機会の多い疾患の一つである¹⁾。イングランドの一次診療施設において、歯周病に関する受診率が全体の9.3%を占めていると報告された²⁾。さらに、飼育犬は2才齢になるまでに80%の割合で歯周病に罹患していると報告された³⁾。このように人と同様に犬でも有病率の高い歯周病であるが、人の歯周病の病態と同様に口腔以外の全身に影響することが懸念されてる。The World Small Animal Veterinary Association Global Dental Guidelines⁴⁾は、歯周病は疾患として糖尿病、悪性腫瘍、早期死、慢性炎症、さらに臓器として肝臓、腎臓、心臓、肺に影響するという可能性を提案している。その根拠は人の歯周病重症度に関連した全身疾患の報告⁵⁻⁸⁾を参照しており、獣医独自の臨床試験はほとんど見当たらない⁹⁾。

近年、人の歯科学において歯周病の一口腔単位での広がり进行评估するため、歯周炎症表面積（periodontal inflamed surface area : PISA）および歯周ポケット上皮面積（periodontal epithelial surface area : PESA）が用いられている¹⁰⁾。PESA算出の過程で歯周組織検査におけるプロービング時の出血点のみ抽出したものがPISAとなる。これらの人の歯周病の広がりを捉えた臨床指標は、既にいくつかの報告で用いられ、歯周病の全身に対する影響を検討する臨床試験で寄与している¹¹⁻¹²⁾。一方、犬の歯周病における一口腔単位での広がりを評価

を試みた報告¹³⁾は過去にもあるが、その最終的な表面積の表現方法は国際規格である mm²でなく独自に作成された相対的なスコアであったため、人の PISA と PESA に比較すると多様な観点からの互換性が乏しい。さらに表面積推算法の基準となった犬が犬種の不明な中型犬2頭であったため、その推算法自体が多く犬種や様々な体格の犬において対応可能かどうか不明であった。

本研究では人の PESA を参考にして獣医臨床で応用できる歯周ポケットの広がり进行评估する指標を確立した。推算式作成過程で犬の犬種や体格の多様性に対応するように設定した。さらに確立した犬の歯周ポケット表面積

(periodontal pocket surface area : PPSA) 算出式を用いて歯周病関連疾患の治療症例に適応し、相関関係のある手術前血液検査項目を見出した。

方法

1. 犬の歯周ポケット表面積推算法確立の概略

歯周ポケット表面積（periodontal pocket surface area：PPSA）の表面積算出においてポケット底の形態（図 1-A）は、歯周組織検査の 6 点法で得た歯周ポケット深さの平均値を用いて、均一化して捉えることにした（図 1-B）。また、歯根形態はセメントエナメル境を底面とし、歯根長が母線となる円錐形に設定した（図 1-C）。これより求める PPSA は、セメントエナメル境を底面とし、歯周ポケット深さの平均値を母線とする円錐台の側面積となった。

設定した近似形の円錐台を算出するには歯根長や歯根表面積の推算が必要となるが、対象となる犬自体の犬種や体格が多様であるため、症例毎に推算値が変動する。そこでこれらの推算値は様々な犬種や体格を持つドナーから得た抜去歯 625 本の形態データを収集し、回帰式を作成することで症例毎に算出できるようにした。この回帰式の変数は体格の大きさを反映し、かつ診療において日常的に記録している体重とした。

歯根長推算のために、各歯種における抜去歯の実測歯根長とドナー犬の体重の相関関係を調べた。いくつかの歯種で抜去歯の実測歯根長とドナー犬の体重の相関が弱かった。回帰式推算の精度は相関関係の強さに依存するため、体重から全ての歯種の回帰式を作成することは困難であった。そこで第一に抜去歯

ドナー犬の体重と実測歯根長の相関が最も強い歯種を特定し、この相関が最も強い歯種の歯根長を体重から推算する回帰式を求めた。さらに、この特定歯種の歯根長に関して、ドナー犬のその他の歯種の歯根長も実測し、二者間の相関を調べて、この特定の歯種から他の歯根長を推算する回帰式を求めた。これら二段階の回帰式を用いることで、できる限り高い相関関係を維持した。第三に、歯根長から歯根表面積を推算するため、実測歯根長と実測歯根表面積の相関関係を調べた。これらが一定の相関関係を保持することを確認した後、全ての歯種で歯根長から歯根表面積を求める回帰式を作成した。

以上の段階によって、体重から特定歯種の歯根長を推算し、そしてこれを用いて他の歯種の歯根長を推算できるようにした。さらに、これで得た各歯種の歯根長から歯根表面積が推算することが可能なようにした。以上の3段階の過程で得た歯根長と歯根表面積を用いて、6点法で測定した歯周ポケット深さの平均値を元に、PPSAが算出できるようにした。

2. 抜去歯データの収集

日本国内の8ヵ所の小動物診療施設から16犬種、73頭、625本の抜去歯を収集した。抜去歯ドナーの犬種と体重の情報は医療記録から収集した。抜去歯の歯根長は、絹糸（ネスコスーチャー絹製縫合糸0号、アルフレッサ株式会社、大阪、日本）をセメントエナメル境から根尖まで沿わせて、実測した。多

根歯では、全ての歯根の歯根長を測定した後にそれらの測定値の平均値を求め、それを当該歯の歯根長とした。

抜去歯の歯根表面積の実測は、人の抜去歯の表面積を測定した報告¹⁴⁾を参考にして実施した(図2)。最初に抜去歯を界面活性剤(ルーキーフレッシュV, 第一石鹼株式会社, 群馬, 日本)に30分間浸した。よく乾燥させた後に、分離剤として酢酸エチル(ボンド木工用酢酸ビニル樹脂型エマルジョン型接着, コニシ株式会社, 大阪, 日本)を塗布後に12時間静置した。さらにシアノアクリレート(アロンアルファ多目的用, コニシ株式会社)を塗布した。シアノアクリレートが硬化した後に、カッターナイフでシアノアクリレート薄膜を採取し、1mm方眼紙にトレースして表面積を測定した。

3. 体重から歯根長を推算する回帰式

全ての歯種において、実測した抜去歯のドナー体重および歯根長の散布図を作成して、相関関係を確認した。そして最も相関係数の強い特定歯種のみ体重から歯根長を推算する回帰式を用いることとし、これを第一段階の回帰式とした(図3)。それから第二段階で体重から推算した特定歯種の歯根長および実測した他の歯種の歯根長の散布図を作成し、相関関係の確認および回帰式の作成を行った。これを第二段階の回帰式とした。

4. 歯根長から歯根表面積を推算する回帰式

全ての歯種において、実測した抜去歯の歯根長および歯根表面積の散布図を作成して、両者間の相関関係を確認した。その後、抜去歯の歯根長から歯根表面積を推測する回帰式を作成した。これを第三段階の回帰式とした。

5. PPSA 推算式

PPSA は、セメントエナメル境を底面として歯周ポケット深さの平均値を母線とする円錐台の側面積と設定した。求める PPSA (図 4-C) は、歯根の円錐側面積 (図 4-A) から均一化されたポケット底を底面とする円錐の側面積 (図 4-B) を差し引いた面積である。歯根の円錐および均一化されたポケット底を底面とする円錐は相似関係であるので、いずれも推算歯根長、推算歯根表面積、そして歯周ポケット深さの平均値で設定することができた。これらを用いて PPSA 算出式を確定した。

6. 追加抜去歯を用いた推算式の検証

新たに追加の抜去歯 66 本を、5 犬種の 6 頭から、収集した。これらを用いて、体重から推算した歯根長および歯根表面積を、実測の歯根長および歯根表面積 (図 5) と比較して、確立した推算式の正確性を検証した。

7. 臨床応用

著者の勤務する動物病院において、麻酔下で歯周病関連疾患の治療を行った 61 頭の犬のデータから、レトロスペクティブに PPSA を適応した。これまでの

通常診療で行った手術前血液検査に、病状から判定した American Veterinary Dental College Stages of Periodontal Disease (AVDC-SPD) 分類¹⁵⁾，そして手術時に行った歯周組織検査を元に本研究で作成したスプレッドシートを用いて算出した PPSA を用いて、PPSA と全身状況との関連を調べた。

全ての犬は一定の周術期管理が行われた。手術後には必要な症例のみに最大 2 日以内の鎮痛剤，最大 6 日以内の抗生剤の内服処方が行われた。手術前血液検査は 1 週間前から当日までのいずれかの日に実施した。さらに参考正常値を逸脱する異常値に関しては，歯周病治療後 2-4 週間後に異常値項目の再検査を行った。

手術前血液検査の血液サンプルの一部はエデト酸ナトリウムチューブに分注し，自動血球計算機 (pocH®-100iV, シスメック株式会社，兵庫，日本) を用いて血球容積 (PCV)，総白血球数 (WBC)，そして血小板数 (Plat) を測定した。また，一部のサンプルは血清分離管に分注し，生化学検査機器 (IDEXX Catalyst one, アイデックスラボラトリーズ株式会社，東京，日本) を用いて血清グロブリン (Glob)，血清アルブミン (Alb)，尿素窒素 (BUN)，クレアチニン (Cre)，アラニンアミノトランスフェラーゼ (ALT)，アルカリフォスファターゼ (ALP)，そして γ -グルタニルトランスぺプチターゼを測定し，さ

らにイヌ C-反応性蛋白濃度測定装置 (Laser CRP-2, アロー株式会社, 大阪, 日本) を用いて血清 C 反応蛋白 (CRP) も測定した。

AVDC-SPD 分類のための歯槽骨吸収の判定に用いた X 線画像は, 診断用 X 線装置 (RADspeed Pro, 株式会社島津製作所, 京都, 日本) および X 線フィルム (D 感度インスタントフィルム, 株式会社阪神技研研究所, 兵庫, 日本) を用いて, 麻酔下で撮影した。口腔全体を撮影して全歯の歯槽骨吸収の程度を評価し, その中で最も重篤なステージを症例のステージ評価とした。

本研究で PPSA 算出のために測定した歯周ポケット深さは, 全て著者一人のみで, 歯周プローブ (歯周プローブ #5, 株式会社 YDM, 東京, 日本) を用いて実施した。歯周ポケットを歯科カルテに記載した後に, 本研究で構築した PPSA 算出スプレッドシートに入力して算出した。

8. 統計解析

全ての統計解析は, Microsoft Excel for Mac version (Version 16.43) を用いた。各歯種における抜去歯ドナーの体重と歯根長の相関関係の確認, 体重と最も相関関係の強い特定歯種の回帰式, その特定歯種の歯根長と他の歯種の歯根長の相関関係の確認および回帰式, 全ての歯種の歯根長と歯根表面積の相関関係の確認および回帰式, 臨床応用における AVDC-SPD 分類もしくは PPSA 算出値と手術前血液検査所見の相関関係の確認は, 全てをピアソン関数 (Pearson の

積率相関係数) で実施した。得られた相関係数とサンプルサイズから検定統計量を算出し、それから TDIST 関数 (Student t) を用いて有意水準を算出した。

抜去歯ドナーおよび臨床応用の PPSA 適応症例の体重と月齢分布は MEDIAN 関数を用いて中央値を算出した。

結果

1. 収集した抜去歯のドナー犬の体重と犬種の特徴

収集した抜去歯は 16 犬種，73 頭，625 本であった。それら抜去歯のドナー犬の体重は 2.3-25.0 kg（中央値 5.6 kg）に分布していた（表 1）。

2. 体重から歯根長を推算する回帰式

2-1. 抜去歯ドナー犬の体重と実測歯根長の相関関係

各歯種において，抜去歯ドナー犬の体重と実測歯根長の相関関係があった。その中でも上顎第 4 前臼歯が，最も強い相関関係（ $r = 0.71$ ， $p < 0.01$ ：表 2）を示した。この結果から上顎第 4 前臼歯を相関の最も強い特定歯種とすることを決定した。上顎第 4 前臼歯での散布図と回帰式を図 3 に示す。

2-2. 推算した上顎第 4 前臼歯とその他の歯種の実測歯根長と相関関係

推算した特定歯種とその他の歯種の実測歯根長の相関関係を，各歯種において調べた（表 3）。上顎第 2 後臼歯，下顎犬歯，下顎第 1 前臼歯，そして下顎第 3 後臼歯の 4 歯種で強い相関関係（ $r \geq 0.7$ ）があった。上顎第 2 前臼歯，上顎第 3 前臼歯，下顎第 1 切歯，下顎第 2 前臼歯，下顎第 3 前臼歯，そして下顎第 4 前臼歯の 6 歯種で中等度の相関関係（ $0.7 > r \geq 0.5$ ）があった。その他の 11 歯種で弱い相関関係（ $0.5 > r \geq 0.3$ ）があった。

3. 歯根長から歯根表面積を推算する回帰式

各歯種において実測歯根長と実測歯根表面積の相関関係を調べ、歯根長から歯根表面積を推算する回帰式を求めた（表 4）。大部分の 16 歯種では強い相関（ $r \geq 0.7$ ）であったが、3 歯種で中等度の相関（ $0.7 > r \geq 0.5$ ）、そして 2 歯種で弱い相関（ $0.5 > r \geq 0.3$ ）だった。

3. PPSA 算出式の構築

算出される PPSA は、6 点法で測定した歯周ポケット深さの平均値を母線とする円錐柱の側面積の近似値となる。したがって形態の相似関係から、 $PPSA = \text{推算歯根表面積} \times \{1 - (\text{推算歯根長} - \text{6 点法で測定された歯周ポケット深さの平均値})^2 / \text{推算歯根長}^2\}$ と、算出式を設定できた（図 4）。この算出式をエクセルベースのスプレッドシートに配置して、臨床応用時に体重および 6 点法で測定した歯周ポケット深さを入力すれば即時的に PPSA が自動計算できるようにした。

4. 抜去歯を用いた歯根長および歯根表面積の推算式の精度検証

新たに収集した 4 犬種 6 頭 66 本の抜去歯を用いて、PPSA 算出式の精度を検証した。PPSA 算出式の項目となる推算歯根長および推算歯根表面積の精度を、推算値と実測値を比較して確認した（図 5）。推算歯根長と実測歯根長の間で強い相関関係（ $r = 0.84, p < 0.01$ ）があり、さらに推算歯根表面積と実測歯根表面積においても強い相関関係（ $r = 0.93, p < 0.01$ ）があった。

5. 臨床応用

対象となった症例は 7-180 ヲ月齡（中央値：132 ヲ月齡）で、体重は 1.6-13.0 kg（中央値：4.3 kg）に分布していた。AVDC-SPD 分類は 1-4（中央値 4.0）に、および PPSA 算出値は 30~9,333 mm²（中央値 2,361 mm²）に分布していた。参考正常値を逸脱する異常値に関する再検査では、C 反応蛋白（CRP）および血清グロブリン（Glob）に高値の異常は、全症例で正常化したことを確認した。これにより術前の炎症関連異常値は歯周病に起因するものと臨床診断した。手術前血液検査初見との相関関係については、AVDC-SPD 分類に対して Glob のみ弱い正の相関関係（ $r = 0.43$ ）があったのみであった（表 5）。一方、PPSA 算出値に対して Glob で強い正の相関関係（ $r = 0.71$ ）、CRP で中等度の正の相関関係（ $r = 0.54$ ）、Alb で中等度の負の相関関係（ $r = -0.56$ ）、PCV で弱い負の相関関係（ $r = -0.43$ ）があった（表 5）。

考察

本研究では、犬の歯周病症例用に、体重および歯周ポケット深さを用いて歯周ポケット表面積（PPSA）を推算する方法を確立した。人の歯科学において使用される歯周炎症表面積（PISA）と歯周ポケット上皮面積（PESA）は、歯周ポケット表面積の総和が PESA であり、PESA 算出式を用いてプロービング時の出血が観察されたポケット表面積のみの総和が PISA である。これらの定義から、犬の PPSA は人の PESA に相当する。また、歯周病関連疾患の治療を行った犬に対して、作成した PPSA 算出式を適応すると、歯周病重症度の指標である PPSA は手術前血液検査所見の複数項目において相関関係を示した。これは、犬の歯周病と全身状態の関連性を検討する際に、PPSA の有用性を示唆する。

人の PISA と PESA は、人種や体格の影響を考慮せずに。特定の歯根長と歯根表面積を用いて算出される¹⁰⁾。しかし、獣医臨床で対象となる犬では犬種が多く、人に比べて体格や歯の形態的特徴は多様性に富む。このことから、体格を体重で代表させたものを反映し、かつ臨床現場で用いるために即時的に歯根長や歯根表面積を推算することが必要となった。そこで出来るだけ多くの犬種および体格の犬に適用して歯根長と歯根表面積を推算できるようにするために、抜去歯を多く収集してその形態的特徴を考慮しながら体重から歯根長と歯根表面積を推算する回帰式を作成した（16 犬種，73 頭，625 本）。しかし、今回は大

型犬 (> 25 kg) の抜去歯を得ることができなかつたため、大型犬では確立した PPSA 算出式の精度は不明である。本研究で確立した PPSA 算出式は、小型から中型犬 (25 kg 未満) への適応が推奨できると考える。日本では大型犬の飼育例が少なく、また歯周病関連疾患の治療で獣医院を受診することも少ない。今後には、大型犬の飼育例と獣医院を受診する例が多い諸国において、本研究の PPSA 算出式を得る方策で PPSA 算出式の改良型を構築することが必要である。

PPSA 算出の正確性の懸念として、歯間部では歯周ポケット深さの測定の精度が低いことが挙げられる。犬の歯周組織検査における歯間部の歯周ポケット深さの精度が検証された報告はない。人での歯周ポケットに関する報告によるとプローブ挿入の角度の制限から歯間部の歯周ポケット深さは過少評価されてしまうことが示されている¹⁷⁾。このことから犬の歯周ポケット深さが過少評価され PPSA に影響することは十分に懸念される。さらに、犬では、特に小型犬では、歯冠サイズが人の歯よりも小さいので、歯周ポケットプロービング時の出血 (BOP) の有無を確認することが临床上困難である。特に小型犬では、出血量が多いと歯冠サイズが小さいことと重なって、6点法の歯周ポケットプロービングを行うと出血の確認が困難になる。また、犬の歯周病罹患率が高く、歯面にプラークや歯石等の付着物が多いことから、人の PISA と同様な指標を求めるよりも、

人の PESA に相当する犬の PPSA によって歯周病関連細菌の感染場所となる歯周ポケット内面の面積を歯周病の指標とすることが妥当であると考える。

犬の歯周病治療において歯周組織検査を含めた臨床指標は、歯周病の組織破壊程度を評価して歯周病治療に反映させることを目的に用いられてきた。一方、人の歯科学において、歯周病の全身への影響が示唆されるとともに一歯単位ではなく一口腔単位での炎症の広がりをつめる指標である PISA が歯周病の全身への影響を理解する指標として提唱された。本研究は PISA に必要な算出式である PESA に相当する PPSA であったので、歯周病の全身への影響を考慮した炎症の広がりではなく感染する部位となる病変の広がりをつめたものと考える。臨床応用の結果、PPSA には Glob や CRP との正の相関が得られたけれども、他の検査項目との関連をもっと探索するには、今後 PPSA よりも繊細に炎症を反映する指標の作成が必要かもしれない。

今回の PPSA 算出値の精度を考慮すると、体格を反映して変動する推算歯根長や推算歯根表面積の精度が懸念された。懸念される原因として、複雑な歯根形態を円錐形と捉える簡素化と、一部の歯種における回帰式における不十分な相関関係が挙げられる。しかし、新たな抜去歯 66 本を用いて精度を検証すると、強い相関関係を確認できた。これによって推算値である PPSA は、実測値である歯周ポケット表面積を反映でき、歯周病の重症度（感染する部位となる病変の広

がり)を反映する客観的な指標となり得ることが示された。また、PISA と PESA では人種や体格の差が考慮されていないが、PPSA では犬の体格(犬種によって大きく異なる体重)を反映している。これは、精度を向上させる観点から利点があると考えられる。

PPSA 算出値に対して Glob で強い正の相関関係 ($r = 0.71$) , CRP で中等度の正の相関関係 ($r = 0.54$) , Alb で中等度の負の相関関係 ($r = -0.56$) , PCV で弱い負の相関関係 ($r = -0.43$) が確認された。犬の歯周病の広がりをも本研究と異なる Total mouth periodontal score (TMPS) で評価して血液検査所見との相関関係をみた過去の報告¹⁸⁾では、歯周病の広がりが Plat の低下と Cre の低下に関係していることが示された。歯周病の広がりや血液検査所見の相関関係のこのような相違は、対象動物の体格差に起因するものと考えた。TMPS を用いた報告では、対象動物の体重分布が 2~39 kg (中央値: 16 kg)であった一方で、本研究の対象は 1.6~13.0 kg (中央値: 4.3 kg)であり、研究が実施された国で飼育されている犬種の違いを含む体格的特徴の差が明確であった。大型犬種よりも小型犬種の歯周病が重症になりやすいことは知られているので¹⁹⁻²¹⁾、本研究の対象動物のほうが重篤な歯周病に罹患した犬が多く含まれていたと推測し、相関関係の結果はこのことを反映したものとなったと考えた。

また、歯周病と全身臓器の関連を死後検体における病理組織学的検索を評価方法とした報告²²⁾では、歯周病と腎臓および肝臓の異常所見の関連が報告された。本研究でこれら臓器の異常が関連しなかったのは、対象犬が安全に麻酔下で歯周病治療できる全身状態であったために、血液検査所見の腎パネルや肝パネルに異常があった犬が除外されたためと考えた。PPSAは、動かないように保定された犬であれば、いずれの対象症例でも対応できる。過去の報告²²⁾と比較するには死後検体に対してPPSAを実施すれば検討可能であり、今回のように歯科関連疾患治療のため麻酔された手術動物に対象を限らずとも、多様な疾患の犬に適応して各疾患と歯周病との関連を検討することが可能とである。

本研究によって小型犬から中型犬のPPSA算出式を構築した。これが普及して犬の歯周病を一口腔単位で表現する臨床指標となって、歯周病の全身に対する歯周病の影響を検討することができるようになることを期待する。

結論

抜去歯の形態データを解析して得られた回帰式を用いて、体格に多様性に対応する犬の歯周ポケット表面積を推算することが可能となった。

この歯周ポケット表面積推算法を臨床応用すると、炎症に関連する血液検査所見との相関関係が得られた。本研究で確立した歯周ポケット表面積推算法は、犬の歯周病が全身に与える影響を検討するための臨床指標となることを示した。

脚注

本論文の一部は、以下の学会において発表した。

- 動物臨床医学会年次大会（2018年11月，大阪）

謝辞

稿を終えるにあたり，終始ご指導とご高配を頂きました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯周病態学分野の高柴正悟教授に深甚なる謝意を表します。また，本研究に用いたサンプル採取に格別なご配慮とご協力くださいました永原動物病院の永原美治先生，いしづか動物病院の上境依理子先生，かん動物病院の武川光先生，パーク動物病院の奥村聡基先生，奈良動物医療センターの島袋友理先生，動物整形外科病院の樋口翔太先生，さかたに動物病院の鈴木隆幸先生，新福島どうぶつ病院の宮地裕也先生に厚くお礼申し上げます。最後に，様々な面にわたりご指導頂き，ご助言とご協力を下さいました歯周病態学分野の諸先生に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) Lund EM, Armstrong PJ, Kirk CA, Kolar LM, Klausner JS. Health status and population characteristics of dogs and cats examined at private veterinary practices in the united states. *J Am Vet Med Assoc* **214**: 1336-1341, 1999.
- 2) O'Neill DG, Church DB, McGreevy PD, Thomson PC, Brodbelt DC. Prevalence of disorders recorded in dogs attending primary-care veterinary practices in England. *PLoS One* **9**: e90501, 2014.
- 3) Marshall MD, Wallis CV, Milella L, Colyer A, Tweedie AD, Harris S. A longitudinal assessment of periodontal disease in 52 Miniature Schnauzers. *BMC Vet Res* **10**: 166, 2014.
- 4) WSAVA Global Veterinary Community: WSAVA Global Dental Guidelines. https://www.wsava.org/WSAVA/media/Documents/Guidelines/Dental-Guidelines-for-endorsement_0.pdf (accessed 2020.11.22.)
- 5) Alma P, Jolanta S, Rytas O, Vita M. Severity of periodontal disease in adult patients with diabetes mellitus in relation to the type of diabetes. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* **158**: 117-123, 2014.
- 6) Menke DS, Johanna W, Arjan V, Berber D, Elisabeth B, Arie JW. Periodontitis in established rheumatoid arthritis patients: a cross-sectional clinical, microbiological and serological study. *Arthritis Res Ther* **14**: 222, 2012.

- 7) Inanç C, Seda B, Sibel G, Kuddusi C. Does periodontal disease reflect atherosclerosis in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients?. *J Periodontol* **78**: 1926-1934, 2007.
- 8) Yeon JK, Luciana MM, Christiane PC, Caroline P, Gilson, R, Debora P. Evaluation of periodontal condition and risk in patients with chronic kidney disease on hemodialysis. *Einstein* **15**: 173-177, 2017.
- 9) Glickman LT, Glickman NW, Moore GE, Goldstein GS, Lewis HB. Evaluation of the risk of endocarditis and other cardiovascular events on the basis of the severity of periodontal disease in dogs. *J Am Vet Med Assoc* **234**: 486-494, 2009.
- 10) Nesse W, Abbas F, van der Ploeg I, Spijkervet FK, Dijkstra PU, Vissink A. Periodontal inflamed surface area: quantifying inflammatory burden. *J Clin Periodontol* **35**: 668-673, 2008.
- 11) Yoshihara A, Iwasaki M, Miyazaki H, Nakamura K. Bidirectional relationship between renal function and periodontal disease in older Japanese women. *J Clin Periodontol* **43**: 720-726, 2016.
- 12) Leira Y, Martín-Lancharro P, Blanco, J. Periodontal inflamed surface area and periodontal case definition classification. *Acta Odontol Scand* **76**: 195-198, 2018.
- 13) Harvey CE, Laster L, Shofer F, Miller B. Scoring the full extent of periodontal disease in the dog: development of a total mouth periodontal score (TMPS) system. *J Vet Dent* **25**: 176-180, 2008.

- 14) 小田茂, 長田豊, 飯田美智子, 田口章太, 村岡宜明, 小鷲悠典, 木下四郎 歯根表面積に関する研究第1報測定方法と歯根総表面積. 日歯周 **24**: 285-292, 1982.
- 15) American Veterinary Dental College: Stages of pet periodontal disease. <https://afd.avdc.org/five-stages-of-pet-periodontal-disease/> (accessed 2020.11.22.)
- 16) Schoenebeck JJ, Hutchinson SA, Byers A, Beale HC, Carrington B, Faden DL, Rimbault M, Decker B, Kidd JM, Sood R, Boyko AR, Fondon JW, Wayne RK, Bustamante CD, Ciruna B, Ostrander EA. Variation of BMP3 contributes to dog breed skull diversity. *PLoS Genet* **8**: e1002849, 2012.
- 17) 浜口茂雄. 歯間部歯周ポケットとその測定法に関する研究. 日歯周 **31**: 608-632, 1989.
- 18) Rawlinson JE, Goldstein RE, Reiter AM, Attwater DZ, Harvey CE. Association of periodontal disease with systemic health indices in dogs and the systemic response to treatment of periodontal disease. *J Am Vet Med Assoc* **238**: 601-609, 2011.
- 19) Kyllar M, Witter K. Prevalence of dental disorders in pet dogs. *Vet Med-Czech* **50**: 496-505, 2005.
- 20) Hamp S, Olsson S, Farso-Madsen K, Viklands P, Fornell J. A macroscopic and radiologic investigation of dental diseases of the dog. *Vet Radiol* **25**: 86-92, 1984.
- 21) Hoffmann T, Gaengler P. Epidemiology of periodontal disease in poodles. *J Small Anim Pract* **37**: 309-316, 1996.

- 22) Pavlica Z, Petelin M, Juntos P, Erzen D, Crossley DA, Skaleric U. Periodontal disease burden and pathological changes in organs of dogs. *J Vet Dent* **25**: 97-105, 2008.

図の説明

図 1. 歯周ポケット表面積（Periodontal pocket surface area: PPSA）推算過程

- (A) 歯周ポケットの実体模式図（ストライプ領域：歯周ポケットの広がり，PD1-6：6点法で測定する各歯周ポケット深さ）
- (B) 6点法で測定した歯周ポケット深さを平均値で均一化した模式図
- (C) PPSA 算出のために歯根実体を円錐として捉えた模式図

歯周ポケット表面積を推算歯根長と推算歯根表面積から算出するための設定を示す。人の PISA, PESA 同様に 6 点法で測定した歯周ポケット深さの平均値を得ることでポケット底を均一化する。また歯根形態を円錐として捉えることで歯周ポケット表面積を歯根表面積を元に相似比で求められるように設定した。

図 2. 歯根表面積の実測方法

- (A) 歯根から薄膜をナイフで採取した
- (B) 採取した薄膜を 1 mm 方眼紙に配置した
- (C) 配置した薄膜をトレースし，歯根表面積を測定した

推算式作成のための実測歯根表面積測定は小田らの報告¹⁴⁾を参照して行った。抜去歯を界面活性剤処理の後に分離剤、シアノアクリレートの順で塗布した。薄膜を採取し (A), 1 mm 方眼紙に配置し (B), それをトレースして測定した (C)。

図 3. 特定歯種である上顎第 4 前臼歯における抜去歯のドナー犬体重と実測歯根長の散布図

収集した 62 本の第 4 前臼歯のドナー犬体重 (x) と実測歯根長 (y) を散布図で示す。回帰式は $y = 0.47x + 7.6$ であった (相関係数 : $r = 0.71$, 決定係数 : $r^2 = 0.50$, 有意水準 : $p < 0.01$)。

図 4. 歯周ポケット表面積算出の手順

(A) 歯根全体

(B) ポケット底から根尖までの領域

(C) 歯周ポケット表面積 (PPSA)

全ての模式図 (A~C) における側面積, 母線, 底面の円周を示す。これらは円錐の相似形の比率から求められている。

図 5. 追加した抜去歯を用いた推算歯根表面積と実測歯根表面積比較による正確性検証の散布図

追加した抜去歯 66 本の推算歯根表面積と実測歯根表面積を散布図で示す。

高い相関関係を確認した（相関係数： $r = 0.93$ ，決定係数： $r^2 = 0.86$ ，有意水準： $p < 0.01$ ）。

表 1. 抜去歯ドナーの各犬種における収集歯数, 頭数, 体重分布

犬種	総歯数	頭数	体重分布 (kg)
ミニチュアダックスフント	325	36	2.3 - 8.5
トイプードル	116	12	2.3 - 6.0
パピヨン	41	4	5.2 - 7.0
チワワ	26	3	3.4 - 4.0
ヨークシャーテリア	26	2	3.0 - 6.1
マルチーズ	26	2	3.0 - 3.5
シーズー	19	2	6.5 - 7.5
ポメラニアン	12	1	3.5
イタリアングレイハウンド	7	1	5.8
ジャックラッセルテリア	7	1	4.8
ミニチュアシュナウザー	6	2	7.6 - 8.6
ビーグル	6	1	8.3
雑種	3	3	5.3 - 13.8
フレンチブルドック	2	1	9.6
柴	2	1	16.4
ラブラドルレトリバー	1	1	25.0
合計	625	73	2.3 - 25.0

表 2. 各歯種における抜去歯のドナー犬体重と実測歯根長の相関関係

上顎 (n=334)	相関係数	決定係数	有意水準	下顎 (n=291)	相関係数	決定係数	有意水準
第 1 切歯 (n=20)	0.27	0.07	0.26	第 1 切歯 (n=26)	0.33	0.11	0.1
第 2 切歯 (n=20)	0.30	0.09	0.20	第 2 切歯 (n=35)	0.45	0.20	<0.01
第 3 切歯 (n=48)	0.30	0.09	<0.05	第 3 切歯 (n=42)	0.42	0.18	<0.01
犬歯 (n=34)	0.51	0.26	<0.01	犬歯 (n=24)	0.51	0.26	<0.05
第 1 前臼歯 (n=34)	0.36	0.13	<0.05	第 1 前臼歯 (n=10)	0.13	0.02	0.69
第 2 前臼歯 (n=27)	0.57	0.32	<0.01	第 2 前臼歯 (n=30)	0.53	0.28	<0.01
第 3 前臼歯 (n=16)	0.68	0.46	<0.01	第 3 前臼歯 (n=33)	0.51	0.26	<0.01
第 4 前臼歯 (n=62)	0.71*	0.50	<0.01	第 4 前臼歯 (n=25)	0.46	0.21	<0.05
第 1 後臼歯 (n=46)	0.30	0.09	<0.05	第 1 後臼歯 (n=36)	0.38	0.14	<0.05
第 2 後臼歯 (n=27)	0.66	0.43	<0.01	第 2 後臼歯 (n=22)	0.64	0.40	<0.01
				第 3 後臼歯 (n=8)	0.42	0.18	0.30

* : 最も高い相関係数 ($r \geq 0.7$)

最も相関の強い特定歯種である第 4 前臼歯の散布図は図 3 にも示す ($y = 0.47x + 7.6$, y : 第 4 前臼歯歯根長, x : 体重)。

表 3. 抜去歯における特定歯種の実測歯根長とその他の歯種の実測歯

根長の相関関係

上顎	相関係数	決定係数	回帰式	有意水準	下顎	相関係数	決定係数	回帰式	有意水準
第 1 切歯	0.46	0.21	$z=1.06y-3.63$	0.22	第 1 切歯	0.58†	0.34	$z=0.64y+2.55$	0.06
第 2 切歯	0.34	0.12	$z=0.50y+3.00$	0.40	第 2 切歯	0.52†	0.27	$z=0.86y+0.26$	<0.05
第 3 切歯	0.49	0.24	$z=0.94y+1.60$	<0.05	第 3 切歯	0.37	0.14	$z=0.59y+4.52$	0.07
犬歯	0.49	0.24	$z=1.49y+2.36$	<0.01	犬歯	0.71*	0.50	$z=1.13y+5.92$	<0.01
第 1 前臼歯	0.34	0.12	$z=0.34y+2.69$	0.21	第 1 前臼歯	0.76*	0.58	$z=0.29y+3.29$	0.45
第 2 前臼歯	0.63†	0.40	$z=0.70y-0.96$	<0.05	第 2 前臼歯	0.52†	0.27	$z=0.41y+2.83$	<0.05
第 3 前臼歯	0.53†	0.28	$z=0.37y+2.52$	0.06	第 3 前臼歯	0.60†	0.36	$z=0.45y+3.15$	<0.05
第 4 前臼歯	ND	ND	ND	ND	第 4 前臼歯	0.52†	0.27	$z=0.52y+3.99$	0.07
第 1 後臼歯	0.45	0.20	$z=0.44y+2.95$	<0.01	第 1 後臼歯	0.47	0.22	$z=0.78y+3.20$	<0.05
第 2 後臼歯	0.70*	0.49	$z=0.47y-1.44$	<0.01	第 2 後臼歯	0.33	0.11	$z=0.25y+3.65$	0.24
					第 3 後臼歯	0.82*	0.67	$z=0.82y-5.36$	0.18

* : 強い相関関係 ($r \geq 0.7$) , † : 中等度の相関関係 ($0.7 > r \geq 0.5$)

z : 各歯種において推算された歯根長, y : 図 3 の回帰式を用いて求められている上顎第 4 前臼歯の歯根長

表 4. 各歯種における抜去歯における実測歯根長と実測歯根表面積の

相関関係

上顎	相関係数	決定係数	回帰式	有意水準	下顎	相関係数	決定係数	回帰式	有意水準
第 1 切歯	0.68†	0.46	$\alpha=12.1z+16.6$	<0.01	第 1 切歯	0.80*	0.64	$\alpha=13.5z+1.6$	<0.01
第 2 切歯	0.80*	0.64	$\alpha=23.2z-45.7$	<0.01	第 2 切歯	0.54†	0.29	$\alpha=14.8z+2.0$	<0.01
第 3 切歯	0.81*	0.66	$\alpha=31.9z-89.5$	<0.01	第 3 切歯	0.72*	0.51	$\alpha=23.3z-77.7$	<0.01
犬歯	0.79*	0.62	$\alpha=26.9z+6.30$	<0.01	犬歯	0.90*	0.81	$\alpha=40.6z-107.3$	0.15
第 1 前臼歯	0.73*	0.53	$\alpha=24.4z-32.6$	<0.01	第 1 前臼歯	0.49	0.24	$\alpha=30.5z-24.6$	<0.01
第 2 前臼歯	0.46	0.21	$\alpha=13.7z+105.7$	<0.05	第 2 前臼歯	0.74*	0.55	$\alpha=43.4z-87.9$	<0.01
第 3 前臼歯	0.83*	0.69	$\alpha=70.5z-196.7$	<0.01	第 3 前臼歯	0.79*	0.62	$\alpha=46.1z-117.6$	<0.01
第 4 前臼歯	0.80*	0.64	$\alpha=119.2y-560.7$	<0.01	第 4 前臼歯	0.69†	0.48	$\alpha=36.5z-45.7$	<0.01
第 1 後臼歯	0.72*	0.52	$\alpha=89.8z-219.4$	<0.01	第 1 後臼歯	0.77*	0.59	$\alpha=71.4z-113.3$	<0.01
第 2 後臼歯	0.76*	0.58	$\alpha=39.4z-33.9$	<0.01	第 2 後臼歯	0.88*	0.77	$\alpha=45.4z-118.0$	<0.01
					第 3 後臼歯	0.91*	0.83	$\alpha=17.7z+10.8$	0.27

* : 強い相関関係 ($r \geq 0.7$) , † : 中等度の相関関係 ($0.7 > r \geq 0.5$)

z : 図 3 あるいは表 3 の回帰式で求められた推算歯根長, α : 推算歯根表面積

表 5. AVDC-SPD 分類もしくは PPSA 算出値と手術前血液検査所見の

相関係数と有意水準

	AVDC-SPD(0-4)	有意水準	PPSA(mm ²)	有意水準
PCV	-0.26	<0.05	-0.43†	<0.01
WBC	0.15	0.24	0.34	0.49
Plat	0.18	0.17	0.15	0.25
Glob	0.43	<0.01	0.71*	<0.01
Alb	-0.25	0.06	-0.56†	<0.01
BUN	0.12	0.34	0.11	0.27
Cre	-0.06	0.66	0.16	0.46
ALT	0.11	0.39	-0.01	<0.05
GGT	0.08	0.53	0.09	0.21
ALP	0.02	0.88	0.22	0.79
CRP	0.25	0.05	0.54†	<0.01

* : 強い相関関係, † : 中等度の相関関係

PCV : 血球容積, WBC : 総白血球数, Plat : 血小板数, Glob : 血清グロブリン, Alb:血清アルブミン, BUN : 尿素窒素, Cre : クレアチニン, ALT : アラニンアミノトランスフェラーゼ, GGT : γ -グルタニルトランスペプチターゼ, ALP : アルカリフォスファターゼ CRP : 血清 C 反応蛋白