

歯科医師の 新たな役割

2

歯科のパノラマX線写真を用いて 早期に骨粗鬆症患者をスクリーニングする

田口 明 Akira TAGUCHI

松本歯科大学教授 歯学部歯科放射線学講座／大学院硬組織疾患制御再建学講座
松本歯科大学病院副院長

前稿では日本における骨粗鬆症の現状と歯科医院での骨粗鬆症患者スクリーニングの可能性について述べてきた。本稿では「パノラマX線写真でどの指標を設定するのが良いか」および「設定指標がスクリーニングに有効であると証明するには何が必要か」に焦点を当てて概説する。

骨粗鬆症スクリーニングに有用なパノラマの指標とは

骨量が低下すれば代謝回転が速い海綿骨が早期に減少するため、視覚的には椎体や大腿骨の海綿骨の骨梁パターン変化が骨粗鬆症診断の指標に用いられてきた。椎体であれば荷重のかからない横方向の骨梁は早期に消失し、荷重に耐える縦方向の骨梁が目立つようになる（慈恵大分類）。大腿骨の6つの主要な骨梁も同様で、荷重に関与する骨梁は残っていくことを指標にする（Singhの分類）。骨は周囲を緻密な皮質骨で覆われ、内部が網目状の海綿骨で構成されているため、2次元的に骨密度を測定すると両者を含めて測定することになる。

そこで発達したのが定量的コンピュータ断層撮像法（QCT）である。これにより皮質骨と海綿骨を分離して骨密度を測定できるため、有用な測定法として普及した（図1）。著者もQCT法を顎骨骨密度測定に利用するというテーマで研究を行った（図2）。しかしながらこの方法の弱点は

被曝線量の多さであり、確率的影響である悪性腫瘍の発生病リスクは格段に上昇する。現在QCT法はあまり使われなくなり、世界的には骨密度測定は二重エネルギーX線吸収測定法（DXA）がスタンダードになっている（図3）。2次元での測定で異論も多いが、今はこれが標準となり、診断や治療の経過観察に用いられる。研究レベルとしては、海綿骨の網目状パターンの量あるいは方向性や連結性などを評価して、海綿骨量のみならず、荷重に対する骨梁の強さを評価しているものもある。最近になって注目されているいわゆる「骨の量と質」である。

皮質骨は骨粗鬆症の評価に用いられていなかったわけではなく、視覚的および定量的評価に用いられてきた。骨粗鬆症では皮質骨内部を栄養しているハバース管やフォルクマン管を中心に吸収が起こるため、皮質骨は粗鬆化し、最終的には菲薄化する。特に閉経後骨粗鬆症患者では顕著であり、中手骨の皮質骨の粗鬆化等は有用な指標になる。海外ではすでに1960年代にはこれを定量化する試みがスタートしている。1980年代初頭に井上らが、アルミ階段を同時に撮影する第2中手骨のmicro-densitometry（MD）法を確立し、その後、診断や治療の評価に広く用いられている。

さて、スクリーニングに有用なパノラマX線写真の指標

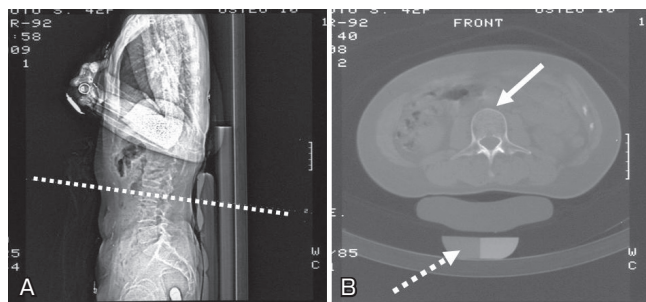


図1 腰椎QCT法。腰椎のスキャン位置を決める（A）。得られた断面（B）上で骨密度補正ファントム（点線矢印）により腰椎（実線矢印）の皮質骨と海綿骨の密度を測定する。

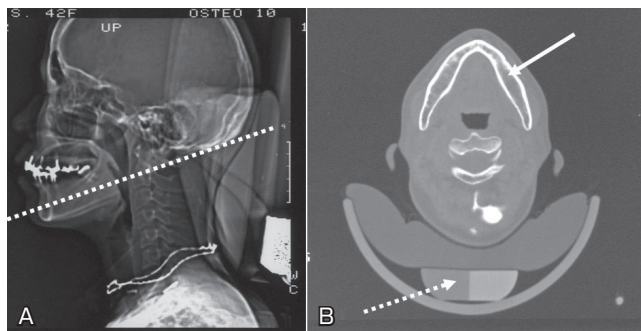


図2 顎骨QCT法。下顎のスキャン位置を決める（A）。得られた断面（B）上で骨密度補正ファントム（点線矢印）により下顎（実線矢印）の皮質骨と海綿骨の密度を測定する。



図3 二重エネルギーX線吸収測定法 (DXA)

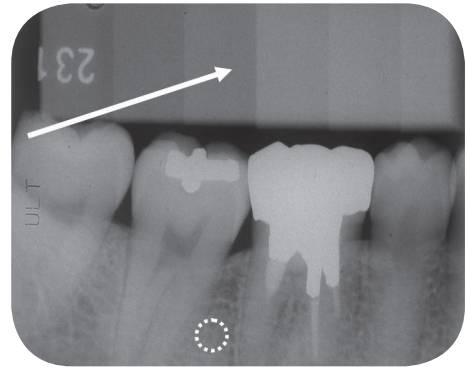


図4 口内法フィルムにアルミ階段(矢印)を貼り付けたMD法. 関心領域(点線)の写真濃度をアルミ階段の厚みに換算し密度とする.

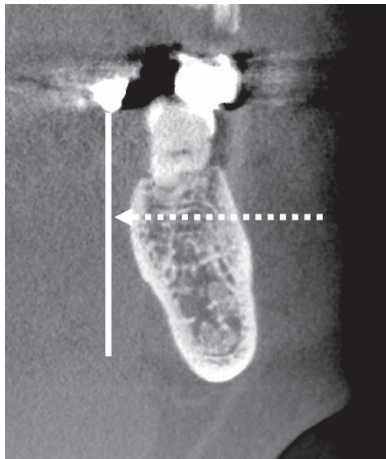


図5 下顎骨のコーンビームCTによる断層像. X線(点線矢印)は頬舌側の皮質骨と海綿骨を通過してフィルムに到達する.



図6 踵骨超音波骨密度測定法

は何であろうか？ これを考える際の大前提がある。われわれが行うのは、「歯科治療のために撮影されたパノラマX線写真を用いてスクリーニングを行う」のであり、「わざわざ特別な手技を施してX線写真撮影する」のではないことである。パノラマX線写真に比べ日本では、口の中に入れて撮影する口内法X線写真が年間約1億万枚撮影されているため、これを利用できればパノラマX線写真よりも10倍、スクリーニングの機会が増えることになる。実際に1980年代初頭にワシントン大学の歯科医師Kribbsは骨粗鬆症専門医と共に口内法フィルムにアルミ階段(アルミステップ)を貼り付けて骨密度測定する一種のMD法を開発している(図4)。

その後、研究レベルでは世界的に多くの研究者達がこの方法を骨粗鬆症スクリーニングに用いようとしてきた。この方法では、顎骨の頬舌側の皮質骨と内部の海綿骨の密度の総和を測定しているため、測定された顎骨骨密度の大半は頬舌側の皮質骨密度に依存することが大であり、海綿骨の微細な変化を評価してはいない(図5)。さらには、こ

の方法では口内法フィルムにアルミステップを貼り付けるため、撮影されるスペースが狭くなり、必要な診断部位が写っていないという本末転倒のような事態が起こる。口内法は歯科治療の診断のために撮影しているのであり、「骨粗鬆症スクリーニングのため」に撮影しているのではない。X線被曝防護の基本的な観点から言えば、「行為の正当化」は完全に無視されている。これがこれまでこの方法が、研究レベルでは用いられていても、スクリーニング法として歯科臨床の場では広く普及しなかった理由である。骨粗鬆症スクリーニングをするのであれば、口内法のような「ノンスクリーンフィルム」を使用する被曝線量の高い検査をするよりは、踵骨超音波法のような方法でスクリーニングする方がよい(図6)。基本的理念を忘れている歯科の臨床家も多い。

では何も施さない通常の口内法ではどうだろうか？ 写真濃度は撮影条件や現像条件等の多種多様な因子で変化するため、濃度を骨密度とするのは不可能である。ただし、海綿骨の骨梁のパターンを抽出して、海綿骨量あるいは骨梁

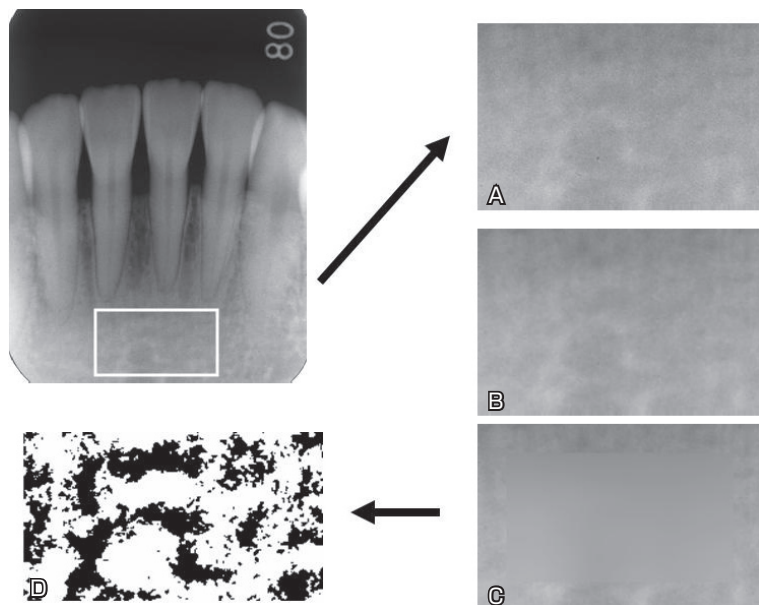


図7 顎骨海綿骨の骨梁の画像解析。原画像（A）から高周波雑音を取り除く（B）。また原画像から低周波雑音画像（C）を作成する。高周波雑音除去画像から低周波雑音画像を取り除いた後、二値化画像（D）を作成し、骨梁解析を行う。

の方向性や連結性を数値化することは可能である。著者もこれに関する研究を行った経験はあるが、問題はコンピュータを使って特殊な分析をすることである（図7）。日常診療でコンピュータ分析をするのは困難である。しかも顎骨の特徴として最大の欠点が、根尖病巣などの炎症があれば骨梁構造が容易に変化することである。特殊な装置を要するあるいは全身の骨代謝以外の因子の影響を大きく受けやすい点で、口内法での骨梁解析はスクリーニングに不適である。

このような観点から考えれば、パノラマX線写真の皮質骨にターゲットを絞って、視覚的に評価法を考えるのがベストである。前稿でも述べたように、1980年代初頭にはパノラマX線写真の下顎角部皮質骨厚を腎性骨異栄養症の診断指標とする報告がなされ、1990年代初頭にはこれを骨粗鬆症のスクリーニングに用いる試みがなされたが失敗に終わった。これは、骨粗鬆症の診断定義自体がまだ曖昧であったのに加えて、下顎角部という設定部位の問題が大きく関与している。パノラマX線写真上では拡大率が問題となるが、下顎角部という正中より離れた部位ではその影響は大きい。また下顎角部には表面に咬筋が、裏面には内側翼突筋が付着しており、咬合の影響を受ける可能性がある。加えてこの部位の皮質骨厚は非常に薄いため、測定誤差が結果に多大に影響する。これらの点を考慮して著者らは、下顎骨の両側オトガイ孔下皮質骨厚を測定部位とすることを1994年に世界で初めて報告した（図8）。この指標は現在世界中で用いられている。

一方で上述のように、骨粗鬆症患者では皮質骨の栄養管を中心に吸収が起こるため、皮質骨の中に黒い線が現れて次第に粗鬆化し、最終的には断裂していく。この変化は顎

骨の皮質骨でも同様であるが、これに着目して1994年にKlemettiらはパノラマX線写真上の下顎骨下縁皮質骨の粗鬆化度を3段階に分類した。しかしながら彼らは結論として、この指標は骨粗鬆症スクリーニングには用いることはできないと報告した。それは骨粗鬆症診断の概念が十分でなかったこと、および彼らは「スクリーニング」ではなく「診断」を目指したことに起因するとともに、指標の定義が非常に曖昧であったことも大きな原因であった。

著者らは1996年にこの指標が骨粗鬆症スクリーニングに有用であることを示し、その後その十分な根拠を固めていった。指標の正確な定義としては、パノラマX線写真上の下顎骨下縁皮質骨のうち、オトガイ孔から下顎角部前方までの皮質骨の形態変化を見て、左右の悪い方をその患者の指標とする。3段階の分類は以下のようになる（図9）。

- 1型：両側皮質骨の内側表面はスムーズである。
- 2型：皮質骨の内側表面は不規則となり、内側近傍の皮質骨内部に線状の吸収が見られる。
- 3型：皮質骨全体にわたり、高度な線状の吸収と皮質骨の断裂が見られる。

以上、パノラマX線写真による骨粗鬆症患者のスクリーニング指標である皮質骨厚と皮質骨形態の定義が設定された。

設定された指標がスクリーニングに有効であると証明するためには何が必要か

2000年の米国のNIHコンセンサス会議において、骨粗鬆症は「骨強度の低下を特徴とし、骨折のリスクが増大しやすくなる骨格疾患」と定義された。従来は骨密度が骨折に多大に関与すると考えられてきたが、同会議では「骨強

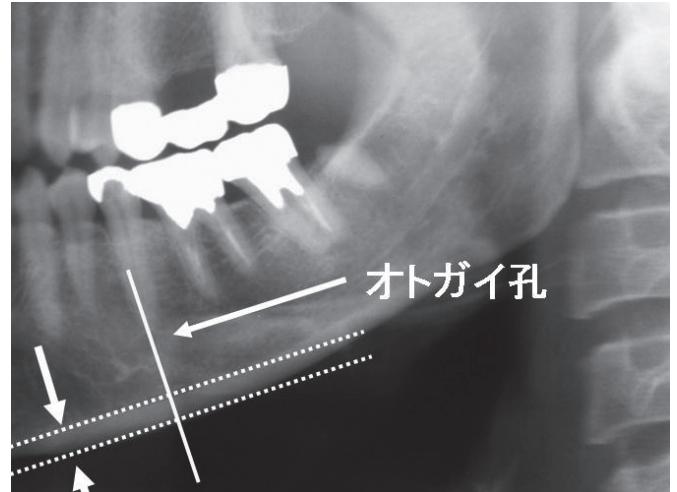


図8 下顎骨下縁皮質骨厚の定義. オトガイ孔下の皮質骨(矢印間)を皮質骨厚とする.

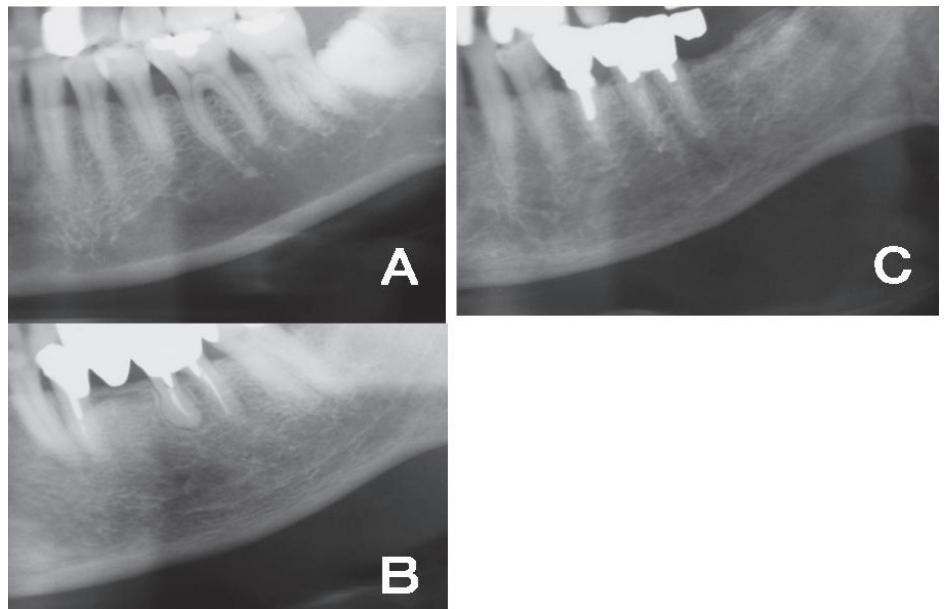


図9 下顎骨下縁皮質骨形態の定義.
 1型: 両側皮質骨の内側表面はスムーズである(A).
 2型: 皮質骨の内側表面は不規則となり, 内側近傍の皮質骨内部に線状の吸収が見られる(B).
 3型: 皮質骨全体にわたり, 高度な線状の吸収と皮質骨の断裂が見られる(C).

度」は骨密度と骨質の二つの要因からなり, 骨密度は骨強度の70%を説明するとし, 残りの30%の説明要因を骨質とした. 骨質の因子には, 骨構造, 骨代謝回転, 微細損傷の集積および骨組織のミネラル化などをあげた.

これらの定義を考慮した場合, パノラマX線写真の指標が骨粗鬆症スクリーニングに有効であることを証明するのは, 少なくとも次の点を証明しなくてはならない.

- 1) パノラマX線写真の指標と椎体や大腿骨骨密度とが関係を有する.
- 2) パノラマX線写真の指標と骨代謝回転が関係を有する.
- 3) パノラマX線写真の指標と実際の骨折リスクとが関係を有する.

骨粗鬆症性骨折はさまざまな部位に存在するが, その代表的なものが椎体や大腿骨の骨折であることから, パノラマX線写真の指標が椎体や大腿骨の骨密度と関連を有することが最重要課題となる. 骨質のうち, 比較的判定しやす

いのは骨代謝回転であり, 臨床的には骨代謝マーカーを用いて評価できることから, この値とパノラマX線写真の指標が関連すれば, 骨質とも関連することが証明できる. 一方, 骨密度や骨質が関連を有していても, パノラマX線写真の指標でスクリーニングされた患者が, 骨折を実際に起こすリスクが高いか否かを判定しなくてはならない. もしこれで関連がなければ, 骨折をしない患者を歯科でスクリーニングして医科へ紹介することになり, 無駄なスクリーニングを行っていることにもなりかねない. パノラマX線写真の指標と骨密度, 骨代謝マーカーおよび実際の骨折のリスクとの関係を明らかにすることで, パノラマX線写真の指標が真に「骨粗鬆症スクリーニング」に用いることが証明できる.

第3回目の次稿では, これらに関する具体的なデータを供覧したい.
 (つづく)

【質問など連絡先: akiro@po.mdu.ac.jp】