ノート

論文受付
2010年10月22日論文受理
2011年8月11日

Code No. 621

回転パノラマ撮影装置を用いた顎関節撮影における
吸収線量と実効線量松尾綾江¹⁾・岡野恒一²⁾・後藤賢一¹⁾・横井みどり¹⁾
蛭川亜紀子¹⁾・奥村信次¹⁾・小山修司³⁾1) 愛知学院大学歯学部附属病院放射線技術部
2) 愛知学院大学歯学部歯科放射線学講座
3) 名古屋大学医学部保健学科

緒言

顎関節症は、顎関節部や咀嚼筋の疼痛、関節雑音、開口障害または顎運動異常を主要症候とする疾患である¹⁾。これらの診断は臨床所見と画像所見と共になされる。画像診断は変形性顎関節症と顎関節内障の確定に大きな役割を果たしている。顎関節内障のような診断にはMRIや顎関節腔造影検査が用いられるが²⁾、下顎骨や関節隆起・下顎窩に骨変化が見ら

れる変形性顎関節症の診断にはいろいろなX線撮影法が用いられている。

患者が顎関節の疼痛を主訴に来院された場合のスクリーニング検査としては、変形や機能を観察するため、正面像はオルビトラムス法やグラントランティン法があり、側面像にはシュラー氏法が選択される³⁾。シュラー氏法は通常開閉口での撮影を必要とするため時間を要し、専用の撮影装置が無ければ再現

The Absorbed Dose and the Effective Dose of Panoramic
Temporo Mandibular Joint RadiographyAyae Matsuo,¹⁾ Tsuneichi Okano,²⁾ Kenichi Gotoh,¹⁾ Midori Yokoi,¹⁾ Akiko Hirukawa,¹⁾
Shinji Okumura,¹⁾ and Syuji Koyama³⁾1) Division of Radiological Technology, Aichi-Gakuin University Dental Hospital
2) Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Aichi-Gakuin University School of Dentistry
3) Department of Radiological Technology, Technology Nagoya University School of Health Science

Received October 22, 2010; Revision accepted August 11, 2011; Code No. 621

Summary

Purpose: This study measured the radiation doses absorbed by the patient during Panoramic temporo mandibular joint radiography (Panoramic TMJ), Schüllers method and Orbitoramus projection. The dose of the frontal view in Panoramic TMJ was compared to that with Orbitoramus projection and the lateral view in Panoramic TMJ was compared to that with Schüllers method. **Methods:** We measured the doses received by various organs and calculated the effective doses using the guidelines of the International Commission on Radiological Protection in Publication 103. Organ absorbed doses were measured using an anthropomorphic phantom, loaded with thermoluminescent dosimeters (TLD), located at 160 sensitive sites. The dose shows the sum value of irradiation on both the right and left sides. In addition, we set a few different exposure field sizes. **Result:** The effective dose for a frontal view in Panoramic TMJ was 11 μ Sv, and that for the lateral view was 14 μ Sv. **Conclusion:** The lens of the Orbitoramus projection was 40 times higher than the frontal view in Panoramic TMJ. Although the effective dose of the lateral view in Panoramic TMJ was 3 times higher than that of the small exposure field (10×10 cm on film) in Schüller's method, it was the same as that of a mid-sized exposure field. When the exposure field in the inferior 1/3 was reduced during panoramic TMJ, the effective doses could be decreased. Therefore we recommend that the size of the exposure field in Panoramic TMJ be decreased.

Key words: absorbed dose, effective dose, Panoramic TMJ radiography, Schuller's method, Orbitoramus projection別刷資料請求先：〒465-8651 名古屋市千種区末盛通2丁目11番地
愛知学院大学歯学部附属病院放射線技術部 松尾綾江 宛

Fig. 1 Frontal view in panoramic TMJ radiography. AZ3000 and an x-ray image.

Fig. 2 Lateral view in panoramic TMJ radiography. AZ3000 and an x-ray image.

性が難しい。さらに正面像を得るためのオルビトラームス法やグラントランディング法の撮影ではA-P方向の撮影となるため水晶体の吸収線量が高くなる。

歯科領域で用いられる回転パノラマ撮影装置の中には顎関節部の正面像や側面像を撮影するために、イヤロッドを耳に挿入し前歯部位置決めビームを犬歯の位置に合わせることで、簡単に位置付けできる装置がある。座位ができる患者であれば撮影可能で、患者にとっても術者にとっても容易に撮影することができる。この回転パノラマ撮影装置を用いた顎関節撮影による患者が受ける線量に関する報告は少ない。

そこでわれわれは、回転パノラマ撮影装置を用いた顎関節撮影(以下、パノラマ顎関節)の正側の撮影における組織の吸収線量を測定し、さらに、異なる撮影法の相対的線量比較を行うため、予測的な線量評価として実効線量⁴⁾を算出した。オルビトラームス法やシュラー氏法の吸収線量と実効線量を比較し、患者の受ける線量からみたパノラマ顎関節撮影の有用性について検討した。

1. 方 法

パノラマ顎関節の正面側面と、一般撮影装置を用いたオルビトラームス法とシュラー氏法撮影時の照射線量を測定し、International Commission on Radiological Protection (ICRP) Publication 103に基づいた組織・臓器の吸収線量と実効線量を求めて比較した。

1-1 使用機器

回転パノラマ撮影装置はAZ3000(朝日レントゲン工業株式会社)を用い、一般撮影装置として、診断用高電圧撮影装置UD150L-30F(島津製作所)を用いた。線量測定には極光熱蛍光線量計(TLD-リーダー

1500)とTLD素子(MSO-S)を使用した。ファントムはアルダーソンの女性型ランドファントムRAN-110型(身長157 cm, 体重52 kgと想定)を用いた。

1-2 撮影法と照射野の大きさ

AZ3000は通常左右両側の顎関節を撮影するように設定されている。片側を撮影した後装置が移動し、次に反対側を撮影する。よって片側のみの撮影はできない。今回の実験は、すべての撮影法で、顎関節の左右撮影時の線量を測定し比較した。

パノラマ顎関節の撮影条件は、当院で日常用いている条件で、正面は70 kV, 6 mA, 5 s, 側面は76 kV, 6 mA, 5 sとした。確認のため増感紙HR-6(富士フィルム), X線フィルムHR-S(富士フィルム)を用いてランドファントムを撮影し濃度を確認し決定した。

測定はTLD素子の感度と撮影装置の負荷を考え10回の照射を行い、この合計線量を1回の線量に換算し、さらに同一実験を3回行い、その平均値を吸収線量とした。

加えてパノラマ顎関節の照射野の縮小を考え吸収線量を検討した。顎関節モードはパノラマのスリットを用いているためフィルム上で高さ15 cmあり、一次スリット側、下方1/3を鉛で覆い、フィルム上で縦10 cm(小照射野)にて正面、側面共に線量測定を行った。

パノラマ顎関節正面撮影の撮影風景とパノラマ顎関節のX線写真(左右開口時)をFig. 1に示す。

パノラマ顎関節側面撮影の撮影風景とパノラマ顎関節のX線写真(左右開閉口時)をFig. 2に示す。

オルビトラームス法は天井走行のX線装置で撮影した。撮影条件は70 kV, 100 mA, 0.1 s, FSD 1 m. 増感紙, フィルムにて、パノラマ顎関節のX線写真と視覚的に等濃度になるよう設定した。左側を10回照射し、次に右側を10回照射、その合計線量を10

Fig. 3 The view of Orbitoramus projection photography using a rand phantom and an x-ray image with a large exposure field.

Fig. 4 The view of Schüller's method photography using a Rand Phantom and an x-ray image with a small exposure field.

Table 1 Exposure settings

		kV	mA	Time (s)	FFD (cm)	Radiation field on the film (cm)	
Front view	Panoramic TMJ	70	6	5.0	50	small	≒10×10
		70	6	5.0	50	ready made	≒15×10
	Orbitoramus projection	70	100	0.1	100	small	≒15×10
		70	100	0.1	100	large	≒18×10
Side view	Panoramic TMJ	76	6	5.0	50	small	≒10×6
		76	6	5.0	50	ready made	≒15×6
	Schüllers method	75	100	0.1	100	small	≒10×10
		75	100	0.1	100	middle	≒18×15
		75	100	0.1	100	large	≒21×20
		75	100	0.1	100	large	≒21×20

で除して1回の線量とした。さらに同一実験を3回行い、その平均値を吸収線量とした。ランドファントムの位置は、患者の体位のように動かすことは不可能なため、正面に立たせ、左右の顎関節部を中心に、上方から30°斜入して撮影することとした。撮影法は中村ら³⁾に従って決定した(Fig. 3)。

照射野の大きさで線量値は大きく変わるため2種類の照射野の測定を行った。フィルム上で約10×約10 cm(小照射野)と六つ切りカセットを使用することを想定し縦約18×横約10 cm(大照射野)とした。

シュラー氏法はランドファントムを立位にて、真横に立たせ、顎関節部が中心になるよう位置づけ、X線は顎関節を中心に上方30°で斜入した(Fig. 4)。撮影条件は75 kV, 10 mA, 0.1 s, FFD 1 mで、片側10回照射を行い、180°回転させ反対側の照射を10回行った。その合計線量を10で除して1回の線量にし、さらに同一実験を3回行い、その平均値を吸収線量とした。照射野の大きさは3種類とした。フィルム上で約10×10 cm(小照射野)と縦約18×横約15 cm(中照射野)、六つ切りサイズを想定してフィルム上で縦約21×横約20 cm(大照射野)とした。

撮影法における撮影条件と照射野の大きさはTable 1に示す。

1-3 線量測定の方法

測定部位はICRPのPubl.103に基づき、リンパ節を除くすべての組織・臓器、さらに水晶体を測定した。TLD素子は約160本使用し、挿入部位と素子の数はTable 2に示す。挿入部位は解剖学的に金子の文献^{5,6)}からランドファントムの体型や肺の位置等を考慮して組織の位置を決定した。

TLD素子は²²⁶Ra校正用線源を用い、バラツキ1.3以下の素子を選び、校正定数は1.19とした。アニリング後充分温度を低下させたのち使用し、読み取りには紫外線が入らないよう部屋を暗くした。また素子はピンセットを用いて取り扱うなどTLD素子の扱いには細心の注意を払った。

X線の実効エネルギーを求めるため、半価層を求めた。回転パノラマ装置においては測定困難なため製造元に問い合わせ、実効エネルギーは70 kVでは33.5 keV, 76 kVは36 keVとした。一般撮影装置については測定を行い、半価層から70 kVは28.5 keV, 75 kVは29.5 keVとした。

1-4 吸収線量の計算

吸収線量の計算は中村らの文献⁷⁾に従った。組織・臓器の平均吸収線量は素子の平均値(C/kg)に素子の

Table 2 A measurement of doses to specific organs. Numbers of thermoluminescent dosimeter (TLD) chips on the Rando phantom

Tissue or organ	Numbers	Tissue or organ	Numbers
Brain	7	Oral mucosa	6
Salivary gland	6	Extrathoracic region	1
Thyroid	2	Heart	2
Oesophagus	2	Thymus	1
Breast	4	Pancreas	1
Lung	18	Spleen	2
Stomach	3	Gall bladder	1
Liver	10	Adrenals	2
Colon	4	Kidney	5
Bladder	2	Small intestine	7
Gonads	2	Uterus	1
Bone marrow	19	Muscle	23
Skin (panoramicTMJ front view)	8	Prostate	1
Skin (panoramicTMJ side view)	6		
Skin (orbitoramus projection)	6-12		
Skin (Schüllers method)	10-16	Lens	2

校正定数と変換係数(f 値)を乗じ求めた。f 値はパノラマ顎関節での軟組織と骨髄には正側共に 35.8 を用い、シュラー氏法とオルビトラームス法での軟組織と骨髄には 35.7 を用いた。組織・臓器の吸収線量は大きな組織には TLD 素子を十数本使用し、2 本以上挿入した組織は平均値を求めた。

実効線量を求めるために、全身にある骨髄と骨表面、皮膚の吸収線量さらに残りの臓器である筋肉の計算は岡野ら⁸⁾と同様に計算した。

骨髄平均吸収線量は各骨髄の吸収線量に骨髄の重量を乗じ、全身の骨髄の質量 766.5 g で除し求め、骨表面の平均吸収線量は各骨髄の吸収線量に骨ミネラル質量を乗じ全身のミネラル質量 3700 g で除して合計した。f 値はパノラマ顎関節正面 163、側面は 161、シュラー氏法とオルビトラームス法は 163 を用いた。筋肉の平均吸収線量は各筋肉の吸収線量に各重量を乗じ、全体の重量 12.28 kg で除して求めた。皮膚の吸収線量は照射野内の吸収線量に皮膚表面積を乗じ、全身の皮膚面積 15000 cm² で割り求めた⁵⁾。照射野の皮膚表面積はパノラマ顎関節正面では 90 cm²、側面は 36 cm²、オルビトラームス法は小照射野 112 cm² と大照射野 256 cm²、シュラー氏法は小・中・大照射野それぞれ 136 cm²、336 cm²、665 cm² として計算した。

水晶体は等価線量(S_v)を用いるが、X 線の放射線加重係数は 1 であり、吸収線量と同じ値となる。単位が実効線量(S_v)と混同しやすいことを考慮し吸収線量で示した。

1-5 実効線量の計算

実効線量は ICRP Publ.103⁴⁾に従って求めた。

$$E = \sum W_T \cdot H_T$$

E：実効線量(S_v)

H_T：組織・臓器 T の等価線量(S_v)

W_T：組織・臓器 T の組織加重係数

等価線量は各組織の吸収線量に放射線加重係数 1 を乗じ求めた。

1-6 各撮影法における吸収線量と実効線量の比較

パノラマ顎関節正面とオルビトラームス法、パノラマ顎関節側面とシュラー氏法における組織の吸収線量と実効線量を比較した。さらに、パノラマ顎関節において、小照射野との違いについて比較検討した。

2. 結 果

結果は各撮影共に左右両側撮影したときの線量を示す。

パノラマ顎関節正面とオルビトラームス法での組織の吸収線量を Table 3 に示す。3 回の測定誤差と TLD 素子の位置の誤差を標準偏差(SD)で示す。全身にある皮膚、骨髄、骨表面、筋肉については複雑な計算をするため SD を求めることができないが、3 回の測定における TLD 素子の誤差は変動係数で最大 19%であった。

パノラマ顎関節正面で高い吸収線量を示した臓器は唾液腺だった。三大唾液腺は舌下腺、顎下腺、耳下腺であり、それぞれ 135.6 μGy、466.9 μGy、1047.2 μGy であった。唾液腺に次いで口腔粘膜が 165.0

Table 3 Comparison of absorbed doses among front view, Panoramic TMJ and Orbitoramus projection (μGy). The dose shows the sum values of irradiation on both the right and left

Position	Panoramic TMJ	Orbitoramus projection	
		Small radiation field	Large radiation field
Brain	29.5 $\pm$ 15.3	108.3 $\pm$ 175.7	312.0 $\pm$ 387.7
Salivary gland (mean)	549.9 $\pm$ 385.5	96.4 $\pm$ 54.5	202.7 $\pm$ 89.7
Parotid gland	1047.2 $\pm$ 125.6	158.7 $\pm$ 30.8	190.9 $\pm$ 49.5
Submandibular gland	466.9 $\pm$ 59.2	94.1 $\pm$ 13.0	149.8 $\pm$ 17.4
Sublingual gland	135.6 $\pm$ 29.3	36.5 $\pm$ 3.1	267.4 $\pm$ 126.8
Thyroid	29.8 $\pm$ 1.6	18.5 $\pm$ 3.4	64.3 $\pm$ 15.7
Oesophagus	9.2 $\pm$ 7.4	6.6 $\pm$ 6.2	36.4 $\pm$ 33.8
Breast	1.4 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.1	2.5 $\pm$ 0.7
Lung	2.4 $\pm$ 1.7	1.4 $\pm$ 1.0	17.6 $\pm$ 28.9
Stomach	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.0	0.4 $\pm$ 0.3
Liver	0.2 $\pm$ 0.2	0.1 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.5
Colon	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.1
Bladder	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Gonads	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
Skin	9.3 $\pm$ —	14.4 $\pm$ —	33.2 $\pm$ —
Bone marrow	3.3 $\pm$ —	36.4 $\pm$ —	48.0 $\pm$ —
Bone surface	55.2 $\pm$ —	265.0 $\pm$ —	310.1 $\pm$ —
Remainder tissues			
Oral mucosa	165.0 $\pm$ 32.8	176.3 $\pm$ 164.1	356.7 $\pm$ 120.5
Extrathoracic region	28.7 $\pm$ 3.1	16.4 $\pm$ 1.2	89.2 $\pm$ 5.4
Heart	0.7 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.2	2.1 $\pm$ 1.3
Thymus	6.6 $\pm$ 0.8	4.3 $\pm$ 0.8	24.1 $\pm$ 9.0
Pancreas	0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.1
Spleen	0.2 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.0	0.7 $\pm$ 0.3
Gall bladder	0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.1
Adrenals	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1
Kidneys	<0.1 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
Small intestine	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Uterus/cervix	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Prostate	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Muscle	6.8 $\pm$ —	8.9 $\pm$ —	13.6 $\pm$ —
Entrance surface dose	1553.5 $\pm$ 862.3	1878.6 $\pm$ 186.0	1876.4 $\pm$ 178.2
Lens	46.8 $\pm$ 14.0	1817.6 $\pm$ 159.5	1915.0 $\pm$ 165.7

μGy , 水晶体が 46.8 μGy , 甲状腺が 29.8 μGy , 脳が 29.5 μGy であった。生殖腺線量は検出されなかった。

オルビトラムス法は A-P 方向で撮影するため水晶体の線量が最も高く、小照射野で 1817.6 μGy , 大照射野では 1915.2 μGy の結果になった。次いで口腔粘膜、脳、唾液腺の順になり、照射野が大きくなれば高い吸収線量を示した。生殖線量は大照射野で 0.008 μGy とわずかであるが検出された。

パノラマ顎関節側面とシュラー氏法での組織吸収線量の値を Table 4 に示す。3 回の測定誤差と素子の位置の誤差を標準偏差で示す。全身にある皮膚、骨髄、骨表面、筋肉についての 3 回の測定誤差はシュラー氏法において最大で変動係数 36% であった。

パノラマ顎関節で高い値を示した組織は唾液腺であり、舌下腺 27.0 μGy , 顎下腺 181.3 μGy , 耳下腺 2343.9 μGy であった。次に脳、甲状腺の順であり、水晶体は 9.6 μGy だった。生殖線量は検出されなかった。

シュラー氏法における組織の吸収線量は 3 種の照射野の大きさの違いにおいて、水晶体の吸収線量は小照射野では 71.3 μGy , 中照射野では 1180.8 μGy , 大照射野では 1273.8 μGy となった。次いで脳、唾液腺、口腔粘膜、甲状腺の順であり、それらの臓器では、照射野が大きくなればそれらの値は顕著に高くなった。生殖線量はわずかであるが検出された。

パノラマ顎関節正側、オルビトラムス法とシュ

Table 4 Comparison of absorbed doses among side view, Panoramic TMJ and Schüller's method (μGy). The dose shows the sum value of irradiation on both the right and left

Position	Panoramic TMJ	Schüller's method		
		Small radiation field	Middle radiation field	large radiation field
Brain	65.9 $\pm$ 67.6	234.0 $\pm$ 133.0	568.8 $\pm$ 205.2	690.6 $\pm$ 236.0
Salivary gland (mean)	850.8 $\pm$ 1627.8	31.3 $\pm$ 12.6	102.3 $\pm$ 18.8	423.9 $\pm$ 343.6
Parotid gland	2343.9 $\pm$ 2143.2	46.2 $\pm$ 6.2	112.4 $\pm$ 16.3	777.1 $\pm$ 387.1
Submandibular gland	181.3 $\pm$ 11.3	27.5 $\pm$ 8.5	105.6 $\pm$ 19.9	269.5 $\pm$ 150.2
Sublingual gland	27.0 $\pm$ 2.4	20.3 $\pm$ 2.6	89.0 $\pm$ 14.0	225.2 $\pm$ 57.1
Thyroid	51.9 $\pm$ 5.5	7.3 $\pm$ 1.0	21.3 $\pm$ 2.9	75.6 $\pm$ 41.3
Oesophagus	13.8 $\pm$ 12.7	2.7 $\pm$ 2.5	7.5 $\pm$ 6.7	22.1 $\pm$ 21.1
Breast	0.9 $\pm$ 0.1	0.6 $\pm$ 0.2	1.9 $\pm$ 0.2	4.4 $\pm$ 1.3
Lung	1.4 $\pm$ 1.1	0.5 $\pm$ 0.4	1.8 $\pm$ 1.2	5.1 $\pm$ 4.0
Stomach	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.3
Liver	0.1 $\pm$ 0.1	<0.1 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.4
Colon	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.1
Bladder	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Gonads	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
Skin	4.5 $\pm$ —	17.0 $\pm$ —	42.2 $\pm$ —	84.0 $\pm$ —
Bone marrow	2.4 $\pm$ —	3.3 $\pm$ —	15.4 $\pm$ —	32.7 $\pm$ —
Bone surface	23.5 $\pm$ —	32.5 $\pm$ —	129.6 $\pm$ —	287.6 $\pm$ —
Remainder tissues				
Oral mucosa	44.4 $\pm$ 17.9	57.8 $\pm$ 47.2	185.1 $\pm$ 99.9	277.5 $\pm$ 68.1
Extrathoracic region	48.2 $\pm$ 2.4	7.6 $\pm$ 0.7	21.9 $\pm$ 2.5	62.3 $\pm$ 19.2
Heart	0.3 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.1	0.6 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.8
Thymus	8.0 $\pm$ 0.0	2.4 $\pm$ 0.1	5.9 $\pm$ 0.4	16.8 $\pm$ 4.3
Pancreas	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1
Spleen	0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1	0.7 $\pm$ 0.2
Gall bladder	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.1
Adrenals	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1
Kidneys	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.1
Small intestine	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.1
Uterus/cervix	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Prostate	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Muscle	3.0 $\pm$ —	9.4 $\pm$ —	12.2 $\pm$ —	23.7 $\pm$ —
Entrance surface dose	1871.7 $\pm$ 1055.7	1878.5 $\pm$ 221.5	1883.6 $\pm$ 215.9	1894.2 $\pm$ 289.7
Lens	9.6 $\pm$ 1.5	71.3 $\pm$ 3.8	1180.8 $\pm$ 136.1	1273.6 $\pm$ 70.5

ラー氏法の実効線量を Table 5 に示す。

パノラマ顎関節正面での実効線量は 11 μSv 、オルビトラームス法の小照射野では 12 μSv 、大照射野では 25 μSv であった。

パノラマ顎関節側面は 14 μSv 、シュラー氏法の小照射野が 5 μSv と最も低く、中照射野では 14 μSv 、大照射野は 27 μSv であった。

パノラマ顎関節正面側面における、2 種類の照射野での測定結果を Table 6 に示す。3 回の測定誤差と TLD 素子の位置の誤差を標準偏差で示す。全身にある皮膚、骨髄、骨表面、筋肉について、3 回の測定誤差は変動係数で最大 19% であった。

照射野を絞ることで唾液腺や甲状腺の線量が低く

なり、実効線量は正面 6 μSv 、側面 11 μSv で、既存の照射野に比べ低い線量になった。

3. 考 察

回転パノラマ撮影装置は、製造会社や製品の型式によって機能が異なる。顎関節正面・側面共に撮影可能な装置や、側面のみ撮影が可能な装置、また正面側面各撮影時にイヤロットをそれぞれ変える装置などがある。AZ3000 は正面側面の撮影が可能で、前歯位置と耳孔間距離から顎関節部の位置を自動的に設定する。正面の撮影は開口位にて約 1 mm 一次スリットを用いて、右側 5 秒で撮影し、自動的に装置が左側に移動し 5 秒で撮影する。側面は通常左右開閉

Table 5 Effective dose calculation following ICRP Publ.103 (μSv). The dose shows the sum value of irradiation on both the right and left

	Radiography	Radiation field	Effective dose
Front view	Panoramic TMJ	ready made	11
	Orbitoramus projection	small	12
		large	25
Side view	Panoramic TMJ	ready made	14
	Schüller's method	small	5
		middle	14
		large	27

Table 6 Comparison of absorbed doses (μGy) and effective dose (μSv) using small and ready made radiation fields for Panoramic TMJ. The dose shows the sum value of irradiation on both the right and left

Position	Radiation field	Panoramic TMJ			
		Front view		Side view	
		Small size	Ready made	Small size	Ready made
Brain		21.8 $\pm$ 9.8	29.5 $\pm$ 15.3	40.7 $\pm$ 34.2	65.9 $\pm$ 67.6
Salivary gland (mean)		349.0 $\pm$ 452.6	549.9 $\pm$ 385.5	929.2 $\pm$ 1616.1	850.8 $\pm$ 1627.8
	Parotid gland	980.3 $\pm$ 127.5	1042.2 $\pm$ 125.6	2712.1 $\pm$ 1776.9	2343.9 $\pm$ 2143.2
	Submandibular gland	49.8 $\pm$ 7.4	466.9 $\pm$ 59.2	60.2 $\pm$ 10.9	181.3 $\pm$ 11.3
	Sublingual gland	17.0 $\pm$ 2.4	135.6 $\pm$ 29.3	15.3 $\pm$ 1.2	27.0 $\pm$ 2.4
Thyroid		9.1 $\pm$ 1.2	29.8 $\pm$ 1.6	12.9 $\pm$ 1.7	51.9 $\pm$ 5.5
Oesophagus		3.1 $\pm$ 2.5	9.2 $\pm$ 7.4	4.6 $\pm$ 4.4	13.8 $\pm$ 12.7
Breast		0.7 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.1
Lung		1.0 $\pm$ 0.8	2.4 $\pm$ 1.7	0.6 $\pm$ 0.5	1.3 $\pm$ 1.1
Stomach		<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.1	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
Liver		0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.2	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.1
Colon		0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Bladder		0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Gonads		0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Skin		7.1 $\pm$ —	9.3 $\pm$ —	3.0 $\pm$ —	4.5 $\pm$ —
Bone marrow		1.5 $\pm$ —	3.3 $\pm$ —	1.2 $\pm$ —	2.4 $\pm$ —
Bone surface		17.5 $\pm$ —	55.2 $\pm$ —	14.5 $\pm$ —	23.5 $\pm$ —
Remainder tissues					
	Oral mucosa	84.2 $\pm$ 66.7	165.0 $\pm$ 32.8	28.8 $\pm$ 14.7	44.4 $\pm$ 17.9
	Extrathoracic region	9.8 $\pm$ 0.5	28.7 $\pm$ 3.1	13.3 $\pm$ 1.2	48.2 $\pm$ 2.4
	Heart	0.3 $\pm$ 0.1	0.7 $\pm$ 0.3	0.1 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1
	Thymus	2.5 $\pm$ 0.2	6.6 $\pm$ 0.8	3.2 $\pm$ 0.4	8.0 $\pm$ 0.0
	Pancreas	0.0 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
	Spleen	0.1 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
	Gall bladder	<0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
	Adrenals	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
	Kidneys	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
	Small intestine	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	<0.1 $\pm$ 0.0
	Uterus/cervix	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
	Prostate	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
	Muscle	4.6 $\pm$ —	6.8 $\pm$ —	1.6 $\pm$ —	3.0 $\pm$ —
Entrance surface dose		1777.5 $\pm$ 901.8	1553.5 $\pm$ 862.3	1903.4 $\pm$ 189.6	1871.7 $\pm$ 1055.7
Lens		38.6 $\pm$ 6.4	46.8 $\pm$ 14.0	8.5 $\pm$ 0.6	9.6 $\pm$ 1.5
Effective dose (μSv)		6.0	11.0	11.0	14.0

口時を撮影するため、はじめに閉口時の撮影を左右行い、装置をリセットし、開口時の左右の撮影を行う。患者を動かすことなく、装置の設定変更とカセットの交換だけで、正面開口時と側面の開閉口時の撮影が約8分程度で完了する。ところがオルビトラームス法やシュラー氏法では、カセットの交換や頭部の位置付けを変更する必要がある。回転パノラマ撮影装置による撮影はオルビトラームス法やシュラー氏法に比べ容易に撮影が可能と考えられる。

われわれの測定結果で、水晶体の吸収線量はオルビトラームス法では約2 mGyになりパノラマ顎関節正面の約40倍の値になった。シュラー氏法では照射野の大きさの違いによって、小照射野では71 μ Gy、大照射野では1274 μ Gyと、水晶体が照射野内に入るか入らないかが大きく影響していた。

この実験で照射野の大きさを変え測定を試みた。その結果、実効線量の値は大きく違っていた。パノラマ顎関節正面とオルビトラームス法の小照射野で同程度になり、オルビトラームス法の大照射野は約2倍になった。側面像では、シュラー氏法の小照射野が最も少ない実効線量を示した。パノラマ顎関節側面の1/3の値を示し、中照射野では同程度、大照射野では2倍と照射野の大きさの影響を受けた。実効線量から考えると、側面の撮影はパノラマ顎関節より小照射野のシュラー氏法が望ましい結果になった。入射皮膚線量は各撮影法による大きな差はなかった。しかし実効線量は照射野の大きさに明らかに依存しており、照射野を極力絞ることを推奨する。

今回の測定は、基本的に回転パノラマ撮影装置による左右合計線量を評価した。その測定過程で得られる回転パノラマ撮影の片側のみの線量と比較したところ、片側だけ撮影した場合の線量は、左右合計線量の1/2より少ない値になった。これは散乱線の影響によるものと推測され、したがってわれわれの測定法による左右撮影する場合の線量評価として妥当と思われた。シュラー氏法オルビトラームス法についても同様の結果であった。

各組織における標準偏差は3回の測定誤差と大きな組織でのTLD素子の挿入した位置によるばらつきが加わっている。特にパノラマ顎関節の唾液腺が大きな標準偏差になったが、これはパノラマ顎関節の照射野が小さいため、3大唾液腺がX線束内に存在するか否かの影響によると考えられた。

パノラマ顎関節における患者の受ける線量に関する研究報告は少なく、渉猟したところ1987年小川ら⁹⁾が口腔領域の単純撮影の被ばく線量を報告していた。水晶体の吸収線量はグラントランディング法で $1291 \pm 111 \mu$ Gy、シュラー氏法で $38 \pm 11 \mu$ Gyと報告し

ていた。オルビトラーム法の小照射野、シュラー氏法の中照射野の線量に類似した値と考えられ、シュラー氏法の水晶体の吸収線量がより少ないのは照射野を絞った結果と考えられた。

われわれはパノラマ顎関節の画像に関しては検討を加えてはいない。今村¹⁰⁾は1998年に側面多層断層撮影法、側面狭角断層撮影法、シュラー氏法、リンドブロム法、グラントランディング法、タウン法、回転パノラマ撮影での骨変化の有無について報告した。骨欠損モデルを用いた診断効率は回転パノラマ撮影が最も高く、シュラー氏法は積分線量が低いものの診断能についても低い値となったと報告している。また菅原ら¹¹⁾はAZ3000を用い、撮影方向の違いによる下顎頭の骨形態異常検出率を比較した。何らかの骨変化のaccuracy(正診度)を求めた場合、顎関節側面モード75%、特注の顎関節正面斜位モードでは58.3%、両者併用で76.4%の結果が得られた。顎関節正面斜位モードを顎関節側面モードに加えても正診度はほとんど向上しなかったが、顎関節正面斜位モードでは骨のerosion(骨皮質の断裂を伴う吸収性骨変化)のsensitivity(感度)が高かった。そして検出率の高い側面に加えて、骨の吸収性骨変化を高率に検出できる前内下方からの撮影を加える必要があると結論している。一方、工藤ら¹²⁾はパノラマ顎関節の画像の診断能は低いと報告した。

最近cone beam computed tomography(CBCT)が用いられる。Hondaら¹³⁾は撮影領域の小さなCBCT(3DXモリタ製作所)と全身用CTを比較し、顎関節の骨変化には診断に有意差はないと報告している。開口障害のある患者の顎関節正面の画像では、下顎頭の診断が困難な場合が多い。下顎骨の可動範囲が少なく関節結節を超えない下顎頭の観察には、オルビトラームス法やパノラマ顎関節でも明瞭に描出されない。開口障害のある場合にはCBCTが望ましいと考えられた。

また、荒木らは¹⁴⁾パノラマ顎関節側面像の骨変化の検出を調べ、CBCTと比較している。この研究では歯科用CBCT(3DX)の骨変化のパターンとパノラマ顎関節側面の診断能との間には明らかな関連は指摘できず、結論としてパノラマ顎関節側面の画像の骨変化の正診率80%でスクリーニング検査として有用と報告している。

われわれは新しい試みとしてパノラマ顎関節の照射野を小さくし測定を行った。実効線量は照射野を下方1/3縮小することで正面11 μ Svから6 μ Svに、側面でも14 μ Svが11 μ Svに減小した。これは照射野を顎関節部に限局することで、組織加重係数の高い、唾液腺(特に顎下腺・舌下腺)・口腔粘膜・甲状腺

が、さらに下方の組織の吸収線量が減少したことによると考えられた。回転パノラマ装置は撮影法によって一次側のスリットを自動的に変える。パノラマ顎関節側面は通常のパノラマ撮影用スリットを用いている装置が多いが、最適化の観点から今より下方を小さくした顎関節専用のスリットを設けることを提案したい。パノラマ顎関節正面も同様である。その場合の画像の評価については今後検討が必要であろう。

4. 結 語

パノラマ顎関節正面撮影はオルビトラームス法と比較して水晶体の吸収線量は 1/40 であり、実効線量は小照射野と同程度であった。

パノラマ顎関節側面撮影はシュラー氏法と比較して脳の吸収線量は低く、唾液腺は高い値を示した。

実効線量は中照射野と同程度で、シュラー氏法の小照射野が最も低い実効線量だった。

パノラマ顎関節撮影の照射野を絞ることで主に顎下腺・耳下腺・口腔粘膜・甲状腺の吸収線量が減少する、一次側スリットの下方を小さくすることを提案する。

謝 辞

論文を書くにあたり、愛知学院大学大学歯科放射線学講座 内藤宗孝准教授にご指導いただいたことを報告し深謝いたします。

この論文は 2008 年 10 月軽井沢で行われた日本放射線技術学会秋季学術大会で発表したものに追加実験を行いまとめたものである。

参考文献

- 1) 大西正俊, 飯塚忠彦, 亀山洋一郎, 他. 日本顎関節学会編. 顎関節症. 株式会社末松書店, 京都, 2003: 8.
- 2) 小林 馨, 今井正浩, 五十嵐千浪, 他. 顎関節症における画像診断の寄与. 補綴臨床 1997; 30(1): 91-98.
- 3) 中村 實, 金森勇雄, 片木喜代治, 他. 歯・顎顔面検査法. 医療科学社, 東京, 2002: 80-85.
- 4) ICRP Publication 103 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告. 日本アイソトープ協会, 東京, 2009: 31.
- 5) 金子丑之助. 日本人体解剖学 第二巻. 南山堂, 東京, 1966: 442.
- 6) 金子丑之助. 日本人体解剖学 第一巻. 南山堂, 東京, 1966: 310.
- 7) 中村 實, 渡部洋一, 金森勇雄, 他. 「診断画像検査法」医用放射線計測学. 医療科学社, 東京, 2007: 44.
- 8) 岡野恒一, 松尾綾江, 小山修司, 他. 口腔および顎顔面撮影における唾液腺に着目した実効線量評価. 日放技学誌 2009; 65(5): 598-602.
- 9) 小川正晃, 谷本啓二, 砂屋敷忠, 他. 口腔領域単純 X 線撮影に伴う被ばく線量の推定. 歯科放射線 1987; 27: 329-336.
- 10) 今村俊彦. 各種顎関節 X 線検査における骨変化の診断能と患者被ばく線量についての実験的研究. 鶴見歯学 1998; 24(1): 12-23.
- 11) 菅原千恵子, 高橋 章, 竹内 徹, 他. パノラマ X 線撮影装置を利用した顎関節撮影法 第 3 報 撮影方向の違いによる部検下顎頭の骨形態異常検出率の比較. 歯科放射線 1997; 37(2): 127-135.
- 12) 工藤高治, 前田直樹, 竹内 徹, 他. パノラマ X 線撮影装置 AZ3000 における顎関節側面モードの検討. 歯科放射線 1998; 38(1): 45.
- 13) Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, et al. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35(3): 152-157.
- 14) 荒木和之, 本田和也, 岡野友宏, 他. 顎関節 4 分割パノラマ画像による骨変化の検出: 小照射野歯科用コーンビーム CT 画像を基準として. 歯科放射線 2007; 47(3): 121-125.

図表の説明

- Fig. 1 パノラマ顎関節正面の撮影風景とパノラマ顎関節左右開口時の X 線写真
Fig. 2 パノラマ顎関節側面の撮影風景とパノラマ顎関節左右開閉口時の X 線写真
Fig. 3 オルビトラームス法の撮影風景と大照射野の X 線写真
Fig. 4 シュラー氏法の撮影風景と小照射野での X 線写真

Table 1 各撮影法の撮影条件と照射野の大きさ

Table 2 線量測定部位と挿入した素子の数

Table 3 顎関節正面(左右)におけるパノラマ顎関節とオルビトラームス法の各組織と臓器の吸収線量, 左右撮影時の値を示す.

Table 4 顎関節側面(左右)におけるパノラマ顎関節とシュラー氏法の各組織と臓器の吸収線量, 左右撮影時の値を示す.

Table 5 各撮影法の実効線量, 左右撮影時の値を示す.

Table 6 パノラマ顎関節正側における 2 種類の照射野での各組織と臓器の吸収線量と実効線量, 左右撮影時の値を示す.