

[Gibbs88] Gibbs, S. J., Pujol, A., McDavid, W. D., Welander, U. and Tronje, G. (1988) 'Patient risk from rotational panoramic radiography.' *Dentomaxillofac. Radiol.* 17, 25-32.

[Gibbs00] Gibbs, S. J. (2000) 'Effective dose equivalent and effective dose: Comparison for common projections in oral and maxillofacial radiology.' *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radio. Endod.* 90, 538-545.

[Gijbels05] Gijbels, F., Jacobs, R., Bogaerts, R., Debaveye, D., Verlinden, S. and Sanderink, G. (2005) 'Dosimetry of digital panoramic imaging Part I: Patient exposure.' *Dentomaxillofac. Radiol.* 34, 145-149.

[Goldstein98] Goldstein, A. (1998) 'Panoramic radiology quality assessment.' *Med. Phys.* 25, 1028-1032.

[Gonzalez01] Gonzalez, L., Vano, E. and Fernandez, R. (2001) 'Reference doses in dental radiodiagnostic facilities.' *Br. J. Radiol.* 74, 153-156.

[Gonzalez04] Gonzalez, L., Fernandez, R., Ziraldo, V., Vano, E. and Ortega, R. (2004) 'Reference level for patient dose in dental skull lateral telerradiography.' *Br. J. Radiol.* 77, 735-739.

[Gonzalez07] Gonzalez, L. and Moro, J. (2007) 'Patient radiation dose management in dental facilities according to the X-ray focal distance and the image receptor type.' *Dentomaxillofac. Radiol.* 36, 282-284.

[Gray05] Gray, J. E., Archer, B. R., Butler, P. F., Hobbs, B. B., Mettler, F. A. Jr., Pizzutiello, R. J. Jr., Schueler, B. A., Strauss, K. J., Suleiman, O. H. and Yaffe, M. J. (2005) 'Reference values for diagnostic radiology: application and impact.' *Radiology* 235, 354-358.

[Guerrero06] Guerrero, M. E., Jacobs, R., Loubele, M., Schutyser, F., Suetens, P. and van Steenberghe, D. (2006) 'State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement.' *Clin. Oral Investig.* 10, 1-7.

[Harata03] Harata, Y., Sakaino, R., Sato, K., Kawahara, K. and Okano, T. (2003) 'Dose Descriptors of Volumetric Computed Tomography using a Cone Beam.' *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Sydney, August 24-29, IFMBE Proceedings, ISSN: 1727-1983, ISBN: 1 877040 14 2.

[Harata05] Harata, Y., Sakaino, R., Sato, K., Funahashi, I., Harase, Y. and Okano, T. (2005) 'Managing patient dose in computed tomography for dental implantation using diagnostic reference levels.' *Proceeding of 46th Congress of Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology.*

[Harata06] Harata, Y. (2006) 'Diagnostic reference levels and their applications.' *Dental Radiology*

[Harata07] Harata, Y., Sakaino, R., Okano, T., Sato, K., Yosue, T., Nishikawa, K., Sano, T., Yamada, H., Okumura, Y., Suzuki, Y. and Kobayashi, I. (2007) 'Diagnostic reference levels for dental radiography in Japan.' Proceeding of 48th Congress of Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology.

[Hart96] Hart, D., Hillier, M. C., Wall, B. F., Shrimpton, P. and Bungay, D. (1996) Doses to patients from medical x-ray examinations in the UK 1995 review. Chilton, NRPB-R289 (London, UK; Her Majesty's Stationary Office).

[Hart02a] Hart, D., Hillier, M. C., and Wall, B. F. (2002) Doses to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK - 2000 Review. NRPB-W14.

[Hart02b] Hart, D., and Wall, B. F. (2002) Radiation Exposure of the UK Population from Medical and Dental X-ray Examinations. NRPB-W4.

[Hatzioannou05] Hatzioannou, K., Psarouli, E., Papanastassiou, E., Bousbouras, P., Kodona, H., Kimoundri, O and Delichas, M. (2005) 'Quality control and diagnostic reference levels in intraoral dental radiographic facilities.' Dentomaxillofac. Radiol. 34, 304-307.

[Helmrot05] Helmrot, E., Alm and Carlsson, G. (2005) 'Measurement of radiation dose in dental radiology.' Radiat. Prot. Dosim. 114, 168-171.

[Hudson01] Ed: Hudson, A. P. (2001) National Radiological Protection Board. Guidance Notes for Dental Practitioners on the Safe Use of X-Ray Equipment. NRPB Document. National Radiological Protection Board.

[IAEA96] IAEA. (1996) International Atomic Energy Agency. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Sources. IAEA Safety Series 115 (Vienna: International Atomic Energy Agency).

[IAEA02] IAEA. (2002) International Atomic Energy Agency. Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation. Safety Guide. IAEA safety standards series No. RS-G-1.5 (Vienna: International Atomic Energy Agency).

[IAEA04] IAEA. (2004) International Atomic Energy Agency. Optimization of the radiological protection of patients undergoing radiography, fluoroscopy and computed tomography. IAEA-TECDOC-1423 (Vienna: International Atomic Energy Agency).

[ICRP91] ICRP. (1991) International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21/1-3.

[ICRP96] ICRP. (1996) International Commission on Radiological Protection. (1996) Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26/2 (Oxford: Pergamon Press).

[ICRP00] ICRP. (2000) International Commission on Radiological Protection. Managing Patient Dose in Computed Tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30/4.

[ICRP01] ICRP. (2001) International Commission on Radiological Protection. Radiation and your Patient: A Guide for Medical Practitioners. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31/4.

[ICRP05] ICRP. (2005) International Commission on Radiological Protection. Managing Patient Dose in Digital Radiology. ICRP Publication 93. (Elsevier: Published April 2005)

[IPEM02] IPEM. (2002) Institute of Physics and Engineering in Medicine. Guidance on the Establishment and Use of Diagnostic Reference Levels for Medical X-ray Examinations. IPEM/BIR/CoR/NRPB/RCR joint working party 2002 draft.

[IPEM04] IPEM. (2004) Institute of Physics and Engineering in Medicine. Guidance on the establishment and use of diagnostic reference levels for medical X-ray examinations. IPEM Report 88 (York, UK: Institute of Physics and Engineering in Medicine).

[Isoardi03] Isoardi, P. and Ropolo, R. (2003) 'Measurement of dose-width product in panoramic dental radiology.' Br. J. Radiol. 76, 129-131.

[Jones93] Jones, D. G. and Shrimpton, P. C. (1993) Normalized Organ Doses for X-ray Computed Tomography Calculated using Monte Carlo Techniques. Chilton, NRPB-SR250.

[Kanegae81] Kanegae, H., Ohtsuka, S., Shibasaki, Y., Fukuhara, T., Harata, Y., and Shimura, H. (1981) 'Reduction of patient exposure during orthodontic X-ray examinations.' J. Showa Univ. Dental Soc. 1, 68-76.

[Kobayashi07] Kobayashi, I., Sato, K., Nishikawa, K., Harata, Y., Sakaino, R. and Okano, T. (2007) 'Investigation of dentistry diagnostic reference level using OSLD and TLD.' Japan Proceeding of 6th Congress of Japanese Society of Radiation Safety Management.

[Kobayashi86] Kobayashi, K., Wakae, S., Matsuzawa, T. and Yamamoto, A. (1986) 'Relationship between incomplete slit alignment and patient exposure dose in rotational panoramic radiography—On the integral dose (energy imparted).' Dental Radiology 26, 231-241.

[Lecomber00] Lecomber, A. R., Yoneyama, Y., Lovelock, D. J., Hosoi, T. and Adams, A. M. (2000) 'Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional

radiography and computed tomography.' *Dentomaxillofac. Radiol.* 30, 255-259.

[Looe06] Looe, H. K., Pfaffenberger, A., Chofor, N., Eenboom, F., Sering, M., Ruhmann, A., Poplawski, A., Willborn, K. and Poppe, B. (2006) 'Radiation exposure to children in intraoral dental radiology.' *Radiat. Prot. Dosim.* 121, 461-465.

[Mandall99] Mandall, N. A. and O'Brien, K. D. (1999) 'Worthington HV: Radiation reduction using a modified collimated lateral skull radiograph during orthodontic treatment.' *Clin. Orthod. Res.* 2, 178-185.

[Napier99] Napier, I. D. (1999) 'Reference doses for dental radiography.' *Br. Dent. J.* 186, 392-396.

[NCRP03] NCRP. (2003) National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation Protection in Dentistry. NCRP Report No. 145.

[NEXT93] NEXT. (1993) Nationwide Evaluation of X-ray Trends. Data Summary. Dental Radiography. Number of Facilities. 322.

[NEXT03] NEXT. (2003) Nationwide Evaluation of X-ray Trends. Tabulation and Graphical Summary of 1999 Dental Radiography.

[NRPA96] NRPA. (1996) Norwegian Radiation Protection Authority. Report on Nordic Radiation Protection Co-operation. No. 5, Nordic guidance levels for patient doses in diagnostic radiology.

[NRPB99] NRPB. (1999) National Radiological Protection Board. Guidelines on Patient Dose to Promote Optimisation of Protection for Diagnostic Medical Exposures. Documents of the NRPB. 10 (1).

[Ogundaret02] Ogundaret, F. O., Oni, O. M. and Balogun, F. A. (2002) 'Measurements of X ray absorbed doses to dental patients in two dental X ray units in Nigeria.' *Radiat. Prot. Dosim.* 102, 355-358.

[Perisinakis04] Perisinakis, K., Damlakis, J., Neratzoulakis, J. and Gourtsoyiannis, N. (2004) 'Determination of dose-area product from panoramic radiography using a pencil ionization chamber: Normalized data for the estimation of patient effective and organ doses.' *Med. Phys.* 31, 708-714.

[Poppe07] Poppe, B., Looe, H. K., Pfaffenberger, A., Eenboom, F., Chofor, N., Sering, M., Ruhmann, A., Poplawski, A. and Willborn, K. (2007) 'Radiation exposure and dose evaluation in intraoral dental radiology.' *Radiat. Prot. Dosim.* 123, 262-267.

[Rantanen00] Ed: Rantanen, E. (2000) Radiation Practices. Annual Report 1999. STUK-B-STO 42. Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland.

[Rantanen01] Ed: Rantanen, E. (2001) Radiation Practices. Annual Report 2000. STUK-B-STO 44. Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland.

[Rantanen04] Ed: Rantanen, E. (2004) Radiation Practices. Annual Report 2003. STUK-B-STO 55. Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland.

[Reynolds06] Reynolds, R. A. (2006) Should Diagnostic Reference Levels (DRLs) be adopted for dental CT scans? CT Users Group Meeting. 2006 1st CTUD Meeting.

[Rustemeyer04] Rustemeyer, P., Streubuhr, U. and Suttmoeller, J. (2004) 'Low-dose dental computed tomography: significant dose reduction without loss of image quality.' Acta Radiol. 45, 847-853.

[Sakaino00] Sakaino, R., Harata, Y., Sato, K. and Okano, T. (2000) 'Diagnostic reference levels for intra-oral radiography.' Proceeding of 41th Congress of Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology.

[Sakaino03] Sakaino, R., Harata, Y., Sato, K., Kawahara, K. and Okano, T. (2003) 'Dose Assessment of Maxillo-Facial Computed Tomography using a Cone Beam.' Proceeding of 44th Congress of Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology.

[Sakaino06] Sakaino, R., Harata, Y., Sato, K. and Okano, T. (2006) 'Assessment of local diagnostic reference levels of dental radiology.' Proceeding of 47th Congress of Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology.

[Sakaino07] Sakaino, R., Harata, Y., Sato, K., Nishikawa, K., Ohbayashi, N., Okano, T., Yosue, T., Sano, T. and Kurabayashi, T. (2007) 'Comparison of CT doses among cone-beam scanners for dentmaxillofacial region.' Jpn. J. Med. Phys. 27, Supplement 4, 185-186.

[Sato04] Sato, K., Kawai, T., Sugisaki, T., Fujimoto, H., Yosue, T., Seto, F., Harata, Y., Sakaino, R., Funahashi, I. and Okano, T. (2004) 'Dose and Diagnostic Reference Levels of CT in Dental Implant Planning.' Jpn. J. Med. Phys. 24, Supplement 2, 194-195.

[Shannoun06] Shannoun, F., Zeeb, H., Back, C. and Blettner, M. (2006) 'Medical exposure of the population from diagnostic use of ionizing radiation in Luxembourg between 1994 and 2002.' Health Phys. 91, 154-162.

[STUK99] Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland. (1999) Use and regulatory control of dental x-ray installations ST3.1.

[Tierris04] Tierris, C. E., Yakoumakis, E. N., Bramis, G. N. and Georgiou, E. (2004) 'Dose area product reference levels in dental panoramic radiology.' Radiat. Prot. Dosim. 111, 283-287.

[Tsiklakis05] Tsiklakis, K., Donta, C., Gavala, S., Karayianni, K., Kamenopoulou, V. and Hourdakis, C. J. (2005) 'Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT.' Eur. J. Radiol. 56, 413-417.

[UNSCEAR00] UNSCEAR (2000) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report Vol. I to the General Assembly with Scientific Annex (New York: United Nations).

[Wall88] Wall, B. F., Harrison, R. M. and Spiers, F. W (1988) Patient Dosimetry Techniques in Diagnostic Radiology. The Institute of Physical Sciences in Medicine, IPSM Report No. 53.

[Wall98a] Wall, B. F. and Shrimpton, P. C. (1998) 'The Historical Development of reference doses in Diagnostic radiology.' Rad. Prot. Dosim. 80:Reference Doses and Quality in Medical Imaging: What the referring practitioner and directing medical staff should know' Proceedings of a workshop Luxembourg 23-25 1997.

[Wall98b] Wall, B. F. (1998) Diagnostic reference levels, including patient dosimetry, Implementation of the Medical Exposure Directive European Commission: Radiation Protection 102.

[Williams00] Williams, J. R. and Montgomery, A. (2000) 'Measurement of dose in panoramic dental radiology.' Br. J. Radiol. 73, 1002-1006.

[Williamson90] Williamson, B. D. P. (1990) Radiation doses to patients from dental radiography in New Zealand. NRL Report 1990/6 ISSN 0111-753X National Radiation Laboratory Christchurch New Zealand.

[Zammit-Maempel03] Zammit-Maempel, I., Chadwick, C. L. and Willis, S. P. (2003) 'Radiation dose to the lens of eye and thyroid gland in parasal sinus multislice CT.' Br. J. Radiol. 76, 418-420.

表 3.1 口内法撮影の線量調査の要約と DRLs

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定 DRLs または調査レベル	文献
スペイン 2007	2,811台の装置 ESD: 第3四分位数 FSD=10 cm ・Film/Digital 5.3 mGy FSD=20 cm ・D感度 4.1 mGy ・E/F感度 3.4 mGy ・Digital 1.2 mGy FSD=30 cm ・D感度 2.1 mGy ・E/F感度 1.8 mGy ・Digital 0.6 mGy	ESD: ・3.5 mGy	(Gonzalez07)
ドイツ 2007	60台の装置 50-70 kV DAP: 第3四分位数 (1) 根尖部投影 ・26.2-61.5 mGy cm <sup>2</sup> (2) 咬翼法 ・前歯部 46.1 mGy cm <sup>2</sup> ・臼歯部 47.3 mGy cm <sup>2</sup> (3) 咬合法 ・上顎 87.0 mGy cm <sup>2</sup> ・下顎 71.2 mGy cm <sup>2</sup> ESD: 第3四分位数 (1) 根尖部投影 ・1.2-2.7 mGy (2) 咬翼法 ・前歯部 2.1 mGy ・臼歯部 2.1 mGy (3) 咬合法 ・上顎 3.9 mGy ・下顎 3.2 mGy		(Poppe07)
日本 2007	地域歯科医師会所属の歯科医院 PED: (1) 施設間で約100倍異なる。 (2) 下顎大白歯部撮影: ・線質の硬いビームや高感度フィルム、適正な現像条件およびIPやCCDの施設: PED < NRPBのDRL 4.0 mGy ・線質の軟らかいビームやフィルム感度Dの施設: PED > NRPBのDRL 4.0 mGy		(Kobayashi07)

表 3 1 (続き)

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定 DRLs または調査レベル	文献
日本 2007	<p>PED :</p> <p>5歯科大学病院</p> <p>(1) 施設間で約2-4倍異なる。</p> <p>(2) 下顎大白歯部撮影 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・線質の硬いビームやフィルム感度E/Fの施設 : PED &lt; 英国のDRL 2.1 mGy</li> <li>・線質の軟らかいビームやフィルム感度D以下の施設 : PED &gt; 英国のDRL 2.1 mGy</li> </ul>		(Harata07)
日本 2006	<p>PED :</p> <p>患者数 : 1,482人</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上顎前歯部 1.8 ± 0.7 mGy</li> <li>・下顎臼歯部 1.8 ± 0.7 mGy</li> </ul>		(Sakaino06)
ルクセンブルグ 2006	<p>1994-2002年の患者データ</p> <p>一人当たりの実効線量 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・口内法+パノラマ 0.005 mSv</li> </ul>		(Shannoun06)
ドイツ 2006	<p>DAP :</p> <p>52台の装置</p> <p>50-70 kV</p> <p>第3四分位数範囲</p> <p>(1) 根尖部投影</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・成人 20.6-48.8 mGy cm<sup>2</sup></li> <li>・小児 14.4-40.9 mGy cm<sup>2</sup></li> </ul> <p>(2) 咬翼法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・成人 <ul style="list-style-type: none"> <li>前歯部 41.6 mGy cm<sup>2</sup></li> <li>臼歯部 41.9 mGy cm<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li>・小児 <ul style="list-style-type: none"> <li>前歯部 39.8 mGy cm<sup>2</sup></li> <li>臼歯部 41.7 mGy cm<sup>2</sup></li> </ul> </li> </ul> <p>(3) 咬合法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・成人&amp;小児 <ul style="list-style-type: none"> <li>上顎 56.9 mGy cm<sup>2</sup></li> <li>下顎 44.2 mGy cm<sup>2</sup></li> </ul> </li> </ul>		(Loe06)
ギリシャ 2005	<p>ESD :</p> <p>191施設</p> <p>50-70 kV</p> <p>照射野60-70 mmφ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平均 2.94 ± 2.17 mGy</li> <li>・範囲 0.30-16.09 mGy</li> <li>・第3四分位数 3.37 mGy</li> </ul>	<p>ESD (現行の装置) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・3.5 mGy</li> </ul> <p>ESD (新しい装置) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2.8 mGy</li> </ul>	(Hatzioannou05)
アメリカ合衆国 2005	<p>ESE :</p> <p>AAPM勧告値</p> <p>咬翼法</p> <p>第3四分位数</p>	<p>ESE :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2.30 mGy</li> </ul>	(Gray05)



表 31 (続き)

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定 DRLs または調査レベル	文献
ギリシャ 2004	DAP : 20台の装置 平均 ・ 50 kV 80 mGy cm <sup>2</sup> ・ 60 kV 62 mGy cm <sup>2</sup> ・ 70 kV 34 mGy cm <sup>2</sup>		(Tierris04)
スペイン 2004	ESD : 7,176 件の調査結果 平均 根尖部投影、上顎第2大臼歯 ・ 1996年-1997年 3.84 mGy ・ 1998年 3.39mGy ・ 1999年 3.18 mGy ・ 2000年 3.01 mGy ・ 2001年 3.12 mGy ・ 1996年-2001年 3.015 mGy		(Alcaraz04)
スイス 2004	1988年データ使用 歯科医師376人への質問表 (1) 集団実効線量 : ・ 根尖部投影 11.5 person·Sv ・ 全顎14枚法 3.5 person·Sv ・ 全顎18枚法 0.6 person·Sv ・ 咬翼法 (ショートコーン) 5.3 person·Sv ・ 咬翼法 (ロングコーン) 11.6 person·Sv ・ 咬合法 (上顎) 0.2 person·Sv ・ 咬合法 (下顎) 0.17 person·Sv (2) 一人当たりの実効線量 : ・ 根尖部投影 1.6 μSv ・ 全顎14枚法 0.5 μSv ・ 全顎18枚法 0.09 μSv ・ 咬翼法 (ショートコーン) 0.7 μSv ・ 咬翼法 (ロングコーン) 1.6 μSv ・ 咬合法 (上顎) 0.03 μSv ・ 咬合法 (下顎) 0.024 μSv		(Aroua04)
アメリカ合衆国 2002 原案		空中ESD 咬翼法 : ・ 70 kVp、E感度 : 2.30 mGy ・ 70 kVp、D感度 : 3.50 mGy	(AAPM02)
英国 2002 原案	英国1999 (Napier99) を参照	PED 下顎大臼歯 : ・ 2.1 mGy	(IPEM02)
ナイジェリア 2002	ESD : 16人の成人患者 平均 偏心投影法 70 kV、7 mA ・ 装置1 2.9 mGy ・ 装置2 7.9 mGy		(Ogundare02)

表 3.1 (続き)

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定 DRLs または調査レベル	文献
ルクセンブルグ 2001		ESD 上顎大白歯： ・調査レベル>4 mGy ・停止レベル>6 mGy	(OGL01)
スペイン 2001	ESD (全ての投影法の平均)： ・平均 2.89 mGy ・第3四分位数 3.37 mGy	ESD： ・3.5 mGy	(Gonzalez01)
フィンランド 2000	ESD 大白歯： ・平均 3.5 mGy ・範囲 0.8-16.4 mGy		(Rantanen00)
日本 2000	PED： 平均 フィルム感度D、1.461枚 半価層1.5-2.5 mA1の4台の装置 ・上顎中切歯 1.5±0.26 mGy ・下顎中切歯 1.3±0.25 mGy		(Sakaino00)
フィンランド 1999		ESD： ・<7 mGy 全ての口内法撮影 ・<3.5 mGy E感度フィルムと全てのデジタル撮影	(STUK99)
英国 1999	PED 下顎大白歯： ・平均 3.3 mGy ・範囲 0.14-45.7 mGy ・第3四分位数 3.9 mGy 60-70 kVとE感度フィルムを用いるグループについて： ・第3四分位数 2.1 mGy	PED 下顎大白歯： ・4 mGy	(Napier99)
ギリシャ 1998	ESD (平均照射時間)： ・71%<5 mGy ・10%>10 mGy		(Yakoumakis98)
ギリシャ 1998	ESD 根尖投影： ・平均 6.9 mGy ・範囲 0.6-37 mGy D感度： ・平均：8.7 mGy E感度： ・平均：5.8 mGy		(Syriopoulos98)
ルクセンブルグ 1997	PED 上顎大白歯： ・平均 3.2 mGy ・第3四分位数 3.8 mGy		(Harpes02)
IAEA 1996		ESD 根尖投影： ・7 mGy	(IAEA96)
デンマーク 1995	PED 下顎切歯： D感度： ・平均 4.9 mGy E感度： ・平均 3.2 mGy ・第3四分位数 3.5 mGy		(Teunen95)

表 3.1 (続き)

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定 DRLs または調査レベル	文献
ポルトガル 1992	PED : ・ 臼歯 1.63 mGy ・ 根尖投影 8.03 mGy		(Serro92)
ポルトガル 1992	ESD 下顎大白歯 : ・ 平均 9.2 mGy ・ 中央値 6.3 mGy		(Carvalho92)
ニュージーランド 1990	PED 咬翼法 : 平均値 : ・ 全てのkV : 4.52 mGy、最大 >20 ・ 45-55 kV : 7.1 mGy ・ 60-70 kV : 4.0 mGy		(Williamson90)
フランス 1989	全ての投影 : ・ 平均線量の範囲 3.9-13.5 mGy 下顎大白歯 : ・ 平均 4.7 mGy		(Benedittini89)
オランダ 1989	・ 平均 5.8 mGy ・ 範囲 0.7-43.2 mGy		(Velders89)
フィンランド 1988	PED 咬翼法 : ・ 平均 6.2 mGy ・ 範囲 0.5-151 mGy		(Havukainen88)

[注] 網掛けの欄は文献 [EC04] 「European Commission. (2004) European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice. Radiation Protection 136.」から抜粋して改編したものである。

表 3.2 パノラマ撮影の線量調査の要約と DRLs

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定DRLs または調査レベル	文献
英国 2006	線量幅積 (DWP) : ・ 平均 65 mGy mm ・ 範囲 38-128 mGy mm ・ 第3四分位数 67 mGy mm 面積線量 (DAP) : ・ 平均 8.9 cGy cm <sup>2</sup> ・ 第3四分位数 9.0 cGy cm <sup>2</sup>		(Doyle06)
スウェーデン 2005	線量幅積 (DWP) : 平均 ・ 成人男性 54.9 mGy mm ・ 成人女性 43.6 mGy mm 面積線量 (DAP) : 平均 ・ 成人男性 7.3 cGy cm <sup>2</sup> ・ 成人女性 5.8 cGy cm <sup>2</sup>		(Helmrot05)
ギリシャ 2004	線量幅積 (DWP) : ・ 範囲 293-428 mGy mm@exit ・ (範囲 58-104 mGy mm) * * DWP@2nd slit=@exit×0.243 面積線量 (DAP) : ・ 典型成人 11.3 cGy cm <sup>2</sup>		(Perisinakis04)
ギリシャ 2004	面積線量 (DAP) : 平均 ・ 成人男性 10.1 cGy cm <sup>2</sup> ・ 成人女性 8.5 cGy cm <sup>2</sup> 第3四分位数 ・ 成人男性 11.7 cGy cm <sup>2</sup> ・ 成人女性 9.7 cGy cm <sup>2</sup> ・ 小児 7.7 cGy cm <sup>2</sup>		(Tierris04)
英国 2004	線量幅積 (DWP) : ・ 第3四分位数 65 mGy mm 面積線量 (DAP) : ・ 第3四分位数 9.2 cGy cm <sup>2</sup>	線量幅積 (DWP) : ・ 65 mGy mm 面積線量 (DAP) : ・ 9.2 cGy cm <sup>2</sup>	(IPEM04)
イタリア 2003	線量幅積 (DWP) : ・ 平均 75.4 mGy mm ・ 範囲 56.7-173.6 mGy mm ・ 第3四分位数 84 mGy mm		(Isoardi03)
スペイン 2001	ESD : 後頭部皮膚面 ・ 平均 0.53 mGy ・ 範囲 0.25-0.87 mGy ・ 第3四分位数 0.66 mGy	ESD : 後頭部皮膚面 ・ 0.7 mGy	(Gonzalez01)

表 3.2 (続き)

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定DRLs または調査レベル	文献
フィンランド 2001	面積線量 (DAP) : ・平均 9.6 cGy cm <sup>2</sup> ・範囲 3.4-25.4 cGy cm <sup>2</sup>	面積線量 (DAP) : ・12.0 cGy cm <sup>2</sup>	(Rantanen01)
英国 2000	線量幅積 (DWP) : ・平均 65.2 mGy mm ・第3四分位数 75.8 mGy mm 面積線量 (DAP) : ・平均 11.3 cGy cm <sup>2</sup> ・第3四分位数 13.9 cGy cm <sup>2</sup>		(Williams00)
英国 1999	線量幅積 (DWP) : ・平均 57.4 mGy mm ・範囲 1.7-328 mGy mm 第3四分位数 66.7 mGy mm	線量幅積 (DWP) : ・65 mGy mm	(Napier99)

表 3.3 頭部X線規格撮影の線量調査の要約とDRLs

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定DRLs または調査レベル	文献
アメリカ合衆国 2005		空中ESD : ・ 0.25 mGy	(Gray05)
スペイン 2004		ESD : LAT ・ 0.4 mGy	(Gonzalez04)
アメリカ合衆国 2002 原案		空中ESD : ・ 0.25 mGy	(AAPM02)
英国 2002	ESD : 頭蓋 AP/PA ・ 平均 2.3mGy ・ 第3四分位数 2.8 mGy 頭蓋 LAT ・ 平均 1.2 mGy ・ 第3四分位数 1.6 mGy	ESD : 頭蓋 AP/PA ・ 3 mGy  頭蓋 LAT ・ 1.5mGy	(Hart02a)
EU 1999		ESD : 頭蓋 AP/PA ・ 5 mGy  頭蓋 LAT : ・ 3 mGy	(EC99a)
IAEA 1996		ESD <sup>a</sup> : 頭蓋 AP ・ 5 mGy 頭蓋 PA ・ 5 mGy 頭蓋 LAT ・ 3 mGy	(IAEA96)

[注 a] AP: 後前方向、PA: 前後方向、LAT: 側方向、ESDは後方散乱のある空気中の線量。これらの値は相対感度200の従来型フィルム増感紙の組み合わせに対するもので、高感度(400-600)のフィルム増感紙の組み合わせに対しては、値を1/2-3/1に低減すべきである。

表 3 4 CTおよび歯科用コーンビームCT (CBCT) の線量調査の要約とDRLs

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定 DRLs または調査レ ベル	文献
日本 2007	CBCT 6機種 範囲 ・ $CTDI_n$ : 45-160 $\mu$ Gy/mAs ・DLP : 0.266-1.46 mGy cm/mAs		(Sakaino07)
英国 2006	CT 実効線量 : ・上顎 0.1-0.3 mSv ・下顎 0.2-0.6 mSv		(Reynolds06)
ベルギー 2006	CT、CBCT 実効線量 : (1) CT ・上下顎 0.25 mSv ・下顎 0.22 mSv ・上顎 0.17 mSv (2) CBCT ・0.04-0.08 mSv		(Guerrero06)
ギリシャ 2005	CBCT 甲状腺・頸椎シールド 実効線量 : 管電圧110 kV、管電流3.4 mA (1) 実効線量 : ・シールド有 0.023 mSv ・シールド無 0.035 mSv (2) 唾液腺を考慮した線量 ・シールド有 0.052 mSv ・シールド無 0.064 mSv		(Tsiklakis05)
日本 2005	CT 大学歯科病院1ヶ所 インプラントCT検査 120 kVまたは140 kV 50-98 mAs 160症例 平均 (1) $CTDI_n$ ・上顎 $27 \pm 6$ mGy ・下顎 $27 \pm 5$ mGy ・両顎 $28 \pm 5$ mGy (2) DLP ・上顎 $135 \pm 34$ mGy cm ・下顎 $139 \pm 32$ mGy cm ・両顎 $250 \pm 43$ mGy cm		(Harata05)

表 34 (続き)

国/出版日付	調査結果	提唱された/設定 DRLs または調査レ ベル	文献
スイス 2004	CT (1) 集団実効線量： ・ 0.14 person·Sv (2) 一人当たりの実効線量： ・ 0.02 $\mu$ Sv		(Aroua04)
日本 2004	CT 2大学歯科病院 検査件数119、174 歯科インプラント術前検査： (1) 平均CTDI <sub>n</sub> ： ・ 病院A 34 mGy ・ 病院B 61 mGy (2) 平均DLP： ・ 片顎 病院A 167 mGy cm 病院B 242 mGy cm ・ 上下顎 病院A 299 mGy cm 病院B 458 mGy cm		(Sato04)
英国 2003	マルチスライスCT 副鼻腔FESS <sub>n</sub> CTDI <sub>n</sub> 、DLP： ・ 140 kV、100 mAs、4×1/3.5 mm <sub>n</sub> CTDI <sub>n</sub> =33.5 mGy/100mAs DLP=368 mGy cm ・ 120 kV、40 mAs、4×1/3.5 mm <sub>n</sub> CTDI <sub>n</sub> =13.4 mGy/100mAs DLP=147 mGy cm		(Zammit-Maempe103)
日本 2003	CBCT 4機種 範囲 ・ CTDI <sub>n</sub> : 5 mGy-12 mGy ・ DLP : 16 mGy cm-184 mGy cm		(Sakaino03)
英国 2000	CT 歯科インプラント術前検査 (1) 実効線量： ・ 0.314 mSv (2) 唾液腺を考慮した線量 ・ 0.924 mSv		(Lecomber)



## 4. 品質保証と品質管理 (QA/QC)

### 4.1 品質保証と品質管理

放射線診療における品質保証 (Quality Assurance) は X 線検査の適応・選択、X 線撮影、写真処理、X 線写真の読影という一連の診療過程全体を包括的に管理する体系をいう。管理、教育、予防などの活動を含む放射線診療の全ての過程について、その満足度や有効性を評価し必要に応じて適切な処置を講じる体系である。一方、品質管理とは診断学的に信頼性が高い X 線写真を提供するために、主として装置や器具の維持・管理をさすものとして使われている。

本章では歯科診療における X 線検査の品質保証計画の設定を目的として、European Commission による Radiation Protection 136 European guidelines on radiation protection in dental radiology を中心に、本邦での報告や米国での報告などを元に品質保証計画案をまとめる [1-6]。

### 4.2 品質保証プログラム

歯科診療における X 線検査の品質保証計画の目的は、最も適切な X 線診断を行い、それによって患者サービスの向上を図ることである。具体的目標としては (1) 適切な放射線検査の適応と検査法の選択、(2) 被ばく線量の低減と検査の安全性の向上、(3) 患者の満足度の向上、(4) X 線写真と患者情報の正しい照合、(5) 経費節減が挙げられる [5]。

これらの目的を達成するためのプログラムとして大きく、画質評価、撮影技術、患者被ばく線量と X 線装置、写真処理過程と関連装置、担当者の教育にわけて考えられる [5]。

写真処理、X 線撮影、X 線装置の管理など品質保証プログラムは多岐にわたる。これらを統括し最終的責任を持つのが品質保証責任者または品質管理責任者であり、歯科医院では歯科医師が負わなければならない。

品質保証プログラムは実施計画に沿って定期的に実施する必要がある。その結果は記録として保存し職員がその重要性を認識できるようにする必要がある。また、この記録を分析し必要に応じて改善を行っていく必要がある。

#### 4.2.1 画質評価に関連する品質保証プログラム

X 線検査で得られる画質が目的とした診断に使用できるレベルを保つことは重要である。しかしながら、一般歯科医院では理想的な画質よりかなり落ちるという報告が欧米で明らかにされており、本邦でも同様と推察されている [2, 7-10]。歯科 X 線検査の放射線防護に関するヨーロッパのガイドラインが X 線撮影の失敗の頻度をまとめたものでは、根尖投影法の失敗頻度は 9.5~56.4% と高く、調査によってもかなり異なって広い分布を示していた。パノラマ X 線撮影法でも 18.2~33.3% と根尖投影法同様に高く、調査によってもかなり異なって広い分布を示していた。このように比較的高頻度にある撮影失敗を減じることが QA の 1 つとして重要となる。

画質の評価は大きく 2 つの過程で行われるべきである [2]。1 つは、日常の診療時に撮影した X 線写真を歯科医が診療のその場で評価する。2 つめは定期的に診療所のスタッフで画質に関する検査を行うことである。

X線写真を評価する場合、主観的になりがちなので判断の基準が必要とされる。表1～4にヨーロッパのガイドラインやアメリカの報告を参考にまとめた基準の例を示す[2, 6, 9, 11-15]。評価の際にはそれに準じてX線写真を、優、可、不可の3段階で評価するのが望ましい(表5)。品質保証の第1段階の目標は不可の割合を下げることがある。一般歯科診療所では、この方法で3段階に分けたうち不可の割合が10%未満になるようにするのが望ましいとされている[2, 6, 14]。さらに、単に不可の割合を10%以下に下げることだけでなく、不可となった原因を常に記録し、分析し、改善することで、次の品質チェックで不可の割合を前回の半分に減らすことが望ましい。

#### 4.2.2 撮影技術に関連する品質保証プログラム

撮影技術が悪いと画質が不良になるので、前述の画質評価の部分と一部は重複するが、撮影技術を良好に保つためのプログラムについて述べる。

##### 4.2.2.1 口内法(根尖投影法)

ヨーロッパのガイドラインを始めとして欧米では平行法を推奨している。これは平行法が二等分法に比較して歪みのない‘true image’を与えるからである[14]。しかしながら、本邦では、患者の口腔内の大きさなどにより平行法撮影の頻度は少なく二等分法での撮影が頻用されていると考えられる。そこでここでは二等分法を中心に撮影技術の品質保証プログラムの具体的ポイントを表6に示す[3, 5, 7, 9, 12, 16]。

##### 4.2.2.2 パノラマX線撮影法

パノラマX線撮影法の失敗の多くが撮影の際の患者の位置づけ不良による[11, 13, 14, 17, 18]。パノラマX線撮影の具体的ポイントを表7に示す。歯科医はパノラマX線撮影法の原理、撮影不良の原因とその対処法について理解しておくことが非常に重要である。

#### 4.2.3 X線装置に関連する品質保証プログラム(X線装置の品質管理)

装置の品質保証プログラム(品質管理)は通常新規導入時、オーバーホールや修理時、定期的なQA時に行う。多くの場合は装置が正しく稼働しているときの状況と現在とを比較して装置が正常かどうかを判断する。基準としては装置導入時やQAを新たに開始するときの測定値(基準値)や画像(基準画像)をもちいる。基準からの差異が一定の範囲を越えたときに異常を生じたと判断するが、その程度は、警告レベル:調整または修理が必要であるが、それまでの間装置の使用が許される。中止レベル:患者や操作者に危険をおよぼす可能性のある状態、または診断に支障をきたす状態で、直ちに修理を依頼し、その間装置の使用を中止するべき、の2つにわけられる[2, 3, 6, 14, 15, 19]。装置の品質管理は被ばく線量に大きく関連するが、被ばく線量に関しては第3章を参照のこと。

口内法撮影用X線装置の品質管理の項目を表8に、歯科用パノラマ断層撮影装置の項目を表9にまとめる。

#### 4.2.4 写真処理過程と関連装置についての品質保証プログラム

写真処理過程では自動現像機、写真処理過程(処理液)、暗室、シャウカステンなどが含まれる。表10に自動現像機と写真処理過程の品質管理の項目を示す。暗室に関しては、光漏れのチェック、安全光のチェックが必要とされる。シャウカステンについては、色調および輝度の均一性、輝度(JIS

Z4918で3,000 cd/mm<sup>2</sup>以上)、観察面に汚れや傷がないなどがポイントとなる。観察する部屋の照明は明る過ぎないようにする[20]。その他としてフィルムの保管場所・状況が適切、増感紙に汚れや傷がない、などが必要な項目となる[2, 3, 15]。

#### 4.2.5 デジタルX線撮影装置についての品質保証プログラム

デジタル装置は前述のフィルムとは異なる特性もあるので、表11にまとめて記載する。口内法用のデジタルセンサー特に半導体方式はセンサーが硬く範囲も狭いため撮影時の位置づけが不良で再撮影になる機会が多いとされており、また手軽に画像が得られるので撮影機会が増えているという報告もある[21-24]。不要の被ばくを減じるために教育訓練を含めた品質保証が重要と考えられる[25]。デジタル装置、特にIPタイプはX線に対するダイナミックレンジが広いので至適X線量より多い照射でも画像が得られ、使用者が気付かないこともある、装置導入時、定期的QA時に特に過剰X線照射になっていないかチェックすることが必要と考えられる[14, 15, 26]。また、デジタル画像であっても観察する部屋の明るさは診断能に影響するとされており[27]、観察環境にも注意が必要である。

#### 4.2.6 教育・訓練について

品質保証の実現には人的要素がきわめて重大な影響をおよぼすと考えられる。歯科医へ品質保証の教育セミナーを行うことで品質の改善がみられている[28]。X線検査に直接関わる人のみならず診療所の全職員が教育・訓練の対象となる。ただし、それぞれのレベルに応じた内容で良い。それぞれを品質保証の面から分けると、1) 画像検査の適応と検査法選択の担当者、2) X線撮影担当者、3) 写真処理担当者、4) 読影担当者、5) 事務職員、6) 管理責任者に分けられる[5]。

「画像検査の適応と検査法選択の担当者」は多くの検査法の中から、最適と考えられる検査法を選択する。そのため様々な画像検査法の特徴および長所・短所について理解していなければならない。「X線撮影担当者」は、「画像検査の適応と検査法選択の担当者」の指示に従って実際の撮影を行う。撮影に必要な知識技能、すなわち患者の位置づけなどの撮影技術や撮影条件の設定放射線防護についての十分な知識と技能が要求される。「写真処理担当者」は、撮影後のフィルムの写真処理が適切に行われるように、例えば自動現像機など写真処理法・装置の保守管理についての十分な知識と技能が要求される。「読影担当者」はできあがったX線写真の読影を担う。読影環境の整備から病変のX線像の特徴までの広い知識と技能が要求される。「事務職員」は患者の氏名の確認、撮影部位とX線写真との照合の確認などが重要で、これらが、X線診断の品質保証と患者サービスの向上に重要である。「管理責任者」はX線室を始めとする施設の管理、X線撮影装置を始めとする装置の管理、品質保証計画の実施の管理など全ての面にわたって責任を持つので、品質保証の教育・訓練を定期的に行い、全ての記録を残すことが重要である。

### 4.3 監査

品質保証プログラムの各パートはそれぞれに実施され記録が残されている必要があるが、全体の責任者は1年毎にプログラム全体をチェックし、品質保証プログラムが効果的に実施されているか確認することが必要である。

表1 咬翼法の品質基準

不適切な障害陰影がない。	
	義歯などを外して撮影している。
撮影時の動きがない。	
	撮影中の患者の動きによるぼけがない。
投影の幾何学的条件が適切である。	
	フィルムの彎曲による画像の歪みがない。
	歯の短縮や伸長がない。
	歯に水平方向の重なりが無い（正放線投影）。重なりがある場合でもエナメル質の厚さの半分を超えない。
撮影範囲が正しいこと。	
	犬歯の遠心から最後臼歯の近心面まで撮影されている。
	上下顎ともに歯槽骨頂が同じように描出され、歯槽骨頂の高さが確認できる。
良好な黒化度とコントラスト	
	良好な黒化度とエナメル質・象牙質間に十分なコントラストがある。
適切な写真処理・暗室の技術	
	フィルムの圧痕や乳剤のひっかき傷がない。
	ローラ痕がない（自動現像器処理の場合）。
	カブリがない。
	薬液のすじ、汚れ、汚染などが少ない。
	不十分な定着や水洗を示す証拠がない。