原著

小動物用CT装置の開発

島原政司* 小野克己*
小石川篤**2 中居一康**3

Development of a Computed Tomography for
Investigation of the Small Animal

Masashi SHIMAHARA, Katsumi ONO

*Atsushi KOISHIKAWA and **Kazuyasu NAKAI

Department of Oral Surgery, Osaka Medical College
2-7 Daigakumachi, Takatsuki City, Osaka 569, Japan

*Nittetu Electrical Engineering and Construction Co., Ltd.
4-105 Midorimachi, Sakai City, Osaka 598, Japan

**Hitex Co., Ltd.

1-21-2 Morinomiya, Chuoku, Osaka 540, Japan

Abstract

Considerable progress has been made in recent years in the field of image diagnosis by introduction of a computed tomography (CT). CT has been widely applied in territory of oral surgery. And many research papers on CT have been reported. At present, there is no CT for investigation in small animal experiments.

Therefore, we developed a CT for small animal experiments. We combined a X-ray fluoroscopy apparatus (FMX-1, Hitex Co., Ltd.-made) with tomography apparatus (Nittetsu Electrical Engineering and Construction Co., Ltd.-made). This apparatus is CT of a type of the third generation. Employing these apparatus, we observed the head of rats and obtained satisfactory results with regard to observation of bony structure. That is to say, clear structure of mandible, maxilla, condylar process, mandibular fossa, and teeth were observed. However, soft tissue were not so clearly observed. We conclude from the experiment described above that detailed observation of structure of bone is possible.

I. 緒言

近年画像診断は、Hounsfield¹⁾により開発されたX線コンピュータ断層撮影装置(以下CT

と略す)の導入により急速な進歩がなされた。口腔外科領域においては、悪性腫瘍の骨への侵襲状態などの観察に、また、顔面外傷の診断にも応用され、各種骨折の診断における有用性に関する研究報告も多くみられる^{2~4)}。しかしながら現在まで小動物実験用CT装置はなく、その開発が望まれていた。

今回、著者らは小動物用CT装置を開発した

*大阪医科大学口腔外科学教室

**2日鉄電設工業株式会社

**3ハイテックス株式会社

(原稿受付: 1991年11月14日)

(4) 医 器 学 Vol. 62, No. 2 (1992)

図 1 [1]: 第3世代CTスキャン

[2]: 本装置

X: X線管, O: 被検体, D: 検出器

ので、装置の概要を報告するとともに、ラットを用い下顎関節突起を中心とした頭部撮影を行ったので、その結果を報告する。

II. 装 置

(1) 本装置の概要

本装置はハイテックス社製のX線透視画像装置 FMX-I 型、ならびに新日本製鉄株式会社エレクトロニクス研究所が技術開発し、新日本製鉄グループの日鉄電設工業株式会社が装置化した断層画像構成装置を組合せたものである。基本的には第3世代型のCTスキャンである。すなわち被検体を一度に覆う広がりを持った扇状X線ビームを発するX線管と、検出器を対向させている。なお、臨床用のものではX線管と検出器を一体として、被検体の周囲を360度回転させ、その間にデータを収集するが、本装置ではX線管と検出器は固定されているため、被検体を360度回転させ、その間にデータを収集する方式である(図1)。

X線透視機能: リアルタイムで被検体のX線透視が可能である。透視画像は8ビット、A/D変換により、画素640ドット×400ドットの256階調のデジタル画像への変換が可能である。したがってこの透視機能を利用し、被検体の位置決めをし、CT断層部位を正確に決定することができる。

CT機能: 被検体の断層画像を得ることができる。CT画像のマトリックスは256ドット×256ドット、512ドット×512ドットの2種類である。

図 2 本装置の構成

画像記録: 透視画像, CT画像ともに光磁器ディスクへ記録可能である。

(2) 本装置の構成

本装置はX線管, サンプル台, X線検出器および演算制御装置から成っている(図2)。X線管, サンプル台およびX線検出器の配置は図のごとくである(図3)。

X線発生装置は2重焦点であり、線源焦点寸法は 10μ または 45μ 、最大管電圧 125 KV、最大管電流 0.1 mA または 0.5 mA、最大制御電力 10 Watt または 50 Watt であり、冷却方法は強制空冷式である。

サンプル台はXテーブル駆動装置, Yテーブル駆動装置, Zテーブル駆動装置, サンプル回転装置およびサンプル退避装置より構成されている。したがってサンプル台はXYZ3軸駆動が可能であり、サンプル台とX線源およびX線検出器間にスペースを確保させることができる。また、X軸方向(X線放射方向に平行)に 140 mm, Y軸方向(X線放射方向に垂直で、X線放射中心よりの距離)に 280 mm, Z軸方向(XY軸の各々に垂直で、X線放射中心よりの距離)に 235 mm 移動することができる。さらにサンプル台上の被検体固定部はX軸を中心に360度回転することができる。

X線検出器は7インチまたは4インチI・I管を使用し、分光感度特性は30~125 KeV、

図3 機器配置図

図4 演算制御装置

図5 ソフトウェア構成

分解能は 101 p/mm 以上である。

演算、制御および表示装置はパソコンを使用し、取込み、演算、およびそのモニター化ならびにサンプル台のコントロールなどに関与する(図4)。

また、ソフトウェア構成はCTデータ収集(サンプル台制御、透視画像取込、収集データ格納)、CT画像構成 1.(収集データ取り出し、CT画像構成、CT画像格納)、CT画像構成 2 (CT画像取り出し、白黒 256 階調表示、疑似

カラー表示) より成り立っている(図5)。

III. 撮影実験

被検体作製: 260 g のウイスター系ラットを使用した。屠殺、断頭し、10%ホルマリンで固定後、Rigolac 2004 と Rigolac 70 F を等分に混和したものに包埋し、直径 30 mm、長さ 50 mm の円筒形に形成した。この際、鼻部および脊柱を結んだ線が円筒形の中心線に一致するようにした(写真1)。

撮影方法:

① サンプル(ラット頭部が埋入された樹脂の筒)を、サンプル台の被検体固定部に固定する(写真1)。

② 透視機能を利用し、サンプル台を操作することにより、要求する正確な断層面を設定する(写真2)。

③ 断層面が設定されたならば、サンプル台を、360 度回転させ、前頭断撮影を行う。

④ 取込み、演算を行う。

⑤ 透視画像およびCT画像ともに光磁気デ

(6) 医器学 Vol. 62, No. 2 (1992)

写真 1 被検体をサンプル台の固定部に固定
矢印：被検体

写真 2 X線透視機能により、必要とする
正確な断層部位を設定する。縦の
線は断層面を示す。

写真 3 顎関節 CT 所見

(以下の写真はすべてテレビ上の CT 画像
をポラロイドカメラで転写した写真である)

ィスクへ記録する。

⑥ モニターテレビにて観察を行う。必要に
応じ、テレビ上の画像をポラロイドカメラで撮

写真 4 CT 画像の疑似カラー表示

写真 5 下顎骨骨体部

A：臼歯部, B：臼歯部後方

影する。

なお、一断層面の撮影（取込み、演算）に要
する時間は 5 分以内である。

IV. 撮 影 結 果

撮影の結果は下記のごとくである。

顎関節部：顎関節部においては鮮明な下顎関
節突起および下顎窩の形態を観察することがで
きた。また、疑似カラー像では骨は石灰化の濃
淡の像として鮮明な画像が得られた（写真 3，
4）。

下顎骨骨体部および上顎骨：両者とも鮮明な
画像を得ることができ、しかも歯牙は骨と同程
度に判別することができた（写真 5）。

軟組織：軟組織は包埋用の樹脂と同調の画像

となるため、両者の判別は不可能であった。

アーチファクト：本装置の撮影においては、場合により被検体の回転軸を中心としたリング状アーチファクト、および線状アーチファクトなどが認められることがあった。

V. 考 察

CT は Hounsfield¹⁾ により開発され、EMI 社より EMI スキャナの名称で登場して以来、各社の努力により第1世代から第3世代へと改良され、現在では第4世代へと目覚ましい進歩がみられ、それと同時に臨床的研究に関する報告も多数みられる。今日、日常臨床において不可欠の検査法となっている。しかしながらこれら臨床におけるCTに関する目覚ましい進歩にもかかわらず、小動物実験用CT装置はなく、その開発が望まれるところであった。

そこで今回著者らは、小動物用CT装置の開発を試みた。複合型高分解能X線検査装置として、新日本製鉄株式会社エレクトロニクス研究所が技術開発したものを、CT用として装置化するとともに、360度回転する被検体固定台を開発、既存のパソコンを利用し演算制御装置としたもので、いわゆる第3世代型である。

こちらの装置を用いて撮影した結果、本装置はX線透視画像装置があり、被検体のX線透視が可能であるため、その透視画像上で目的とする部位の正確な断層面を設定することができる。骨組織はほぼ正確な像として観察することができ、さらに疑似カラー化することにより、骨密度の濃淡を観察することができた。しかしながらCTの性能評価の項目の一つである空間分解能に関しては⁵⁾、軟組織がきわめて不鮮明であったため、軟組織と骨組織との間の空間分解能を評価することが出来なかった。軟組織が不鮮明であったことに関しては、軟組織と樹脂とがほぼ同調の画像として認められており、樹脂が軟組織に浸透したためと推察されるが、被検体が生体でないことも関与しているものと思われる。

アーチファクトは一般に装置そのものに由来するシステムアーチファクトと被検体の動きに由来する運動性アーチファクトが考えられる⁶⁾

8). 今回の実験においては線状アーチファクトおよびリング状アーチファクトが認められた。一般に線状アーチファクトは、体内の吸収係数の差の大きい金属やバリウム、空気のある場合や、X線管と検出器の回転ずれ調整(alignment)の不良の場合にみられるといわれている⁹⁾。今回の撮影結果では特に耳孔での撮影で認められており、その原因が本装置ではX線管と検出器は固定されているため、被検体の回転によるものか、樹脂包埋時における空気の混入によるものか、あるいは他に原因があるのかは不明である。また、リング状アーチファクトは回転軸を中心として同心円状にできるアーチファクトで、X線管や検出器の不安定なときにみられ、第3世代形式の装置に多くみられるといわれている⁹⁾。本装置では撮影時、被検体を回転させ撮影しており、被検体の回転軸を中心としてみられることから、被検体の回転運動の不安定によるものと想像される。一方、被検体が固定台に確実に固定され、回転していることから、運動性アーチファクトは認められなかった。

今回の実験装置は第3世代型CTスキャン方式であるが、一般に臨床において用いられている第3世代型CT装置と異なり、ラットを屠殺、頭部を摘出し、樹脂に包埋したものを被検体とし、被検体を回転させて撮影したものである。今後小動物を用いて実験的研究を行うためには、軟組織の観察も含め、麻酔下での生体小動物の撮影の必要性から、生体動物の固定方法をはじめとする装置の改良が必要であると考えられる。

VI. 結 論

著者らは、第3世代形式の小動物用X線CT装置を開発したので、その装置の概要を報告するとともに、ラット顎関節部を中心とした頭部の撮影を行ったので、その結果を併せ報告した。

文 献

- 1) Hounsfield. G. N. : Computerized transverse axial scanning (tomography), part I, description of system, Br J Radiol, 46 : 1016-1022, 1973.

(8) 医器学 Vol. 62, No. 2 (1992)

- 2) 藤井信男, 山城正宏, 宮里 修: CT スキャナーを利用した顎顔面骨骨折の診断—第3報 顎関節領域の骨折の CT 像—, 日口外誌, 26: 1625, 1980.
- 3) 山下徹郎, 富田喜内, 早川邦雄, 戸塚靖則, 畔田 貢, 福田 博, 山崎岐男, 阿部 悟, 大森桂一, 久保田和郎: 口腔外科における CT の応用, 日口外誌, 27: 1979, 1981.
- 4) 小村 健, 武宮三三, 嶋田文之, 小林 操: 上顎疾患における CT scan の有用性について, 日口外誌, 28: 2223, 1982.
- 5) 高橋信次, 佐久間貞行: 図解コンピュータ断層法, 41—47頁, 秀潤社, 1990.
- 6) Gado, M.H. and Phelps, M.: The peripheral zone of increased density in cranial computed tomography, Radiology, 117: 71-74, 1975.
- 7) Goodenough, D.J., Weaver, K.E., Davis, D.O.: Potential artifacts associated with the scanning pattern of the EMI Scanner, Radiology, 117: 615-620, 1975.
- 8) Alfidi, R.J.: MacIntyre, W.J., Haaga, J.R.: The effects of biological motion on CT resolution, AJR, 127: 11-15, 1976.
- 9) 高橋信次, 佐久間貞行: 図解コンピュータ断層法, 48—70頁, 秀潤社, 1990.