

[原 著]

幼若ラット歯牙破折に関する実験的研究

金子 昌幸, 佐野 友昭, 大西 隆,  
西 とも子, 川瀬 千景, 堀川 孝明,  
内海 治, 金田 英生, 金子 和子,

東日本学園大学歯学部歯科放射線講座

(主任：金子 昌幸教授)

Experimental Study on Tooth Fractures in Young Rats.

Masayuki KANEKO, Tomoaki SANO, Takashi OHNISHI,  
Tomoko NISHI, Chikage KAWASE, Takaaki HORIKAWA,  
Osamu UTSUMI, Eisei KANEDA and Kazuko KANEKO

Department of Dental Radiology, School of Dentistry,  
HIGASHI-NIPPON-GAKUEN UNIVERSITY

(Chief: Prof. Masayuki KANEKO)

**Abstract**

The influence of tooth fractures on growth of rat incisors was examined with soft X-ray radiography, xeroradiography and microradiography.

Thirty young rats were used in this study and experimental fractures were produced on the mandibular left incisors. Radiological observations were carried out immediately, 7, 14, 21, 28 and 35 days after fracturing.

The soft X-ray radiograms obtained immediately after fracturing showed clear radiolucent images. The radiopacity of the fractured regions gradually increased from the 7th day. Enamel hypoplasia was observed from the 7th day, and it moved towards the edge of the incisors with the growth of the fractured teeth.

The xeroradiograms obtained at each term demonstrated as same findings as those obtained with soft X-ray radiography.

The microradiograms obtained immediately after fracturing showed no noteworthy findings

except for the clear radiolucent area of the fractured regions. Fine radiopaque lines along the edges of fractured regions were observed from the 7th day. Dentin-like radiopaque calcified masses were observed from the 14th day.

**Key words:** Tooth fracture, reparative dentin, soft X-ray radiography, xeroradiography, microradiography.

## はじめに

歯牙の発育におよぼす外傷の影響については、これまでも多くの研究報告が成されている。これらの多くは、外傷による影響を臨床的かつ経日的に観察したものであるが、実験的に外傷を惹起して、その影響を観察したとの報告も認められる。実験的研究は、主として軟X線検査、マイクロラジオグラフィあるいはオートラジオグラフィで成されたものであり、それらの所見を病理組織学的に裏付けしたものがほとんどである。これまでのところ、ラット切歯の実験的歯牙破折に関しては、ゼロラジオグラフィが用いられたとの報告は認められない。また、過去の多くの報告は、比較的成長の進んだ成熟ラットが用いられており、幼若ラットを用いたとの報告は極めて少ない。そこで、今回われわれは、幼若ラットの下顎切歯の歯牙破折が切歯の発育形成にどのような影響を与えるかについて、軟X線検査、ゼロラジオグラフィならびにマイクロラジオグラフィの3つの方法で検索したので報告する。

## 方法と材料

実験動物としては、離乳直後のWister系幼若ラットを用いた。ラットはオリエンタル社製固形飼料と水道水を無制限に投与し、一定温度の室内で飼育することとした。歯牙破折の作成方法としては、左側下顎骨骨体部を鉗子ではさみ、顎骨骨折と同時に歯牙破折を惹起することとした。歯牙破折の観察は破折直後、7日目、14日

目、21日目、28日目、35日目の各観察日に行うこととした。各観察日に1群5匹の下顎骨を摘出し、10%の中性ホルマリンに1週間固定した。その後、軟組織を可及的に除去し、軟X線検査、ゼロラジオグラフィおよびマイクロラジオグラフィに供した。軟X線検査の条件は管電圧20kVp、管電流10mA、距離30cm、照射時間45秒とし、フジ軟X線用フィルムFGを用いて行った。ゼロラジオグラフィの条件は、管電圧60kVp、管電流10mA、距離20cm、照射時間0.4秒とし、歯科用ゼロラジオグラフィ装置を用いることとした。マイクロラジオグラフィは、X線検査とゼロラジオグラフィが終了後、同一試料をポリエステルレジンに包埋し、Maruto社製硬組織研磨標本作成装置(Speedlap 1500Dc)にて、約100 $\mu$ mまで研磨した標本で行った。撮影条件は、管電圧10kVp、管電流4.5mA、距離15cm、撮影時間3600秒とした。使用したフィルムはKodak社製Microspectrofilm2000-0であり、現像処理は同社の指定現像に従った。

## 結 果

### 1. 破折直後

- ① 軟X線所見：対照側(1-a)では、ラットの週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側(1-b)では、破折線が明瞭なX線透過像として認められる。破折線をはさむ破折端は不規則かつ鮮鋭であり、破折線内部には石灰化を思わせる所見は何ら認められない。
- ② ゼロラジオグラム所見：対照側(1-c)

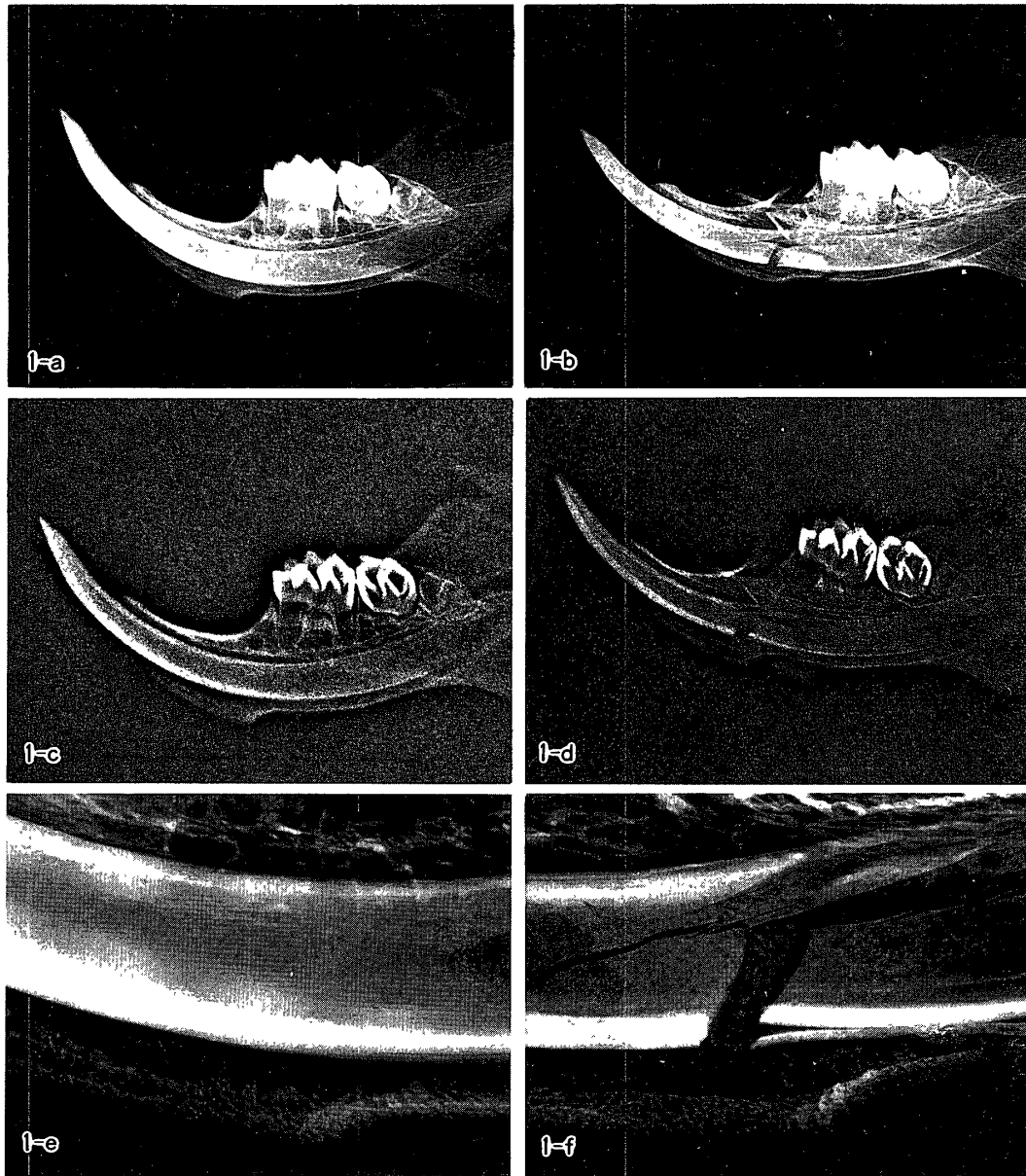


Fig. 1 Soft X-ray radiograms, xeroradiograms and microradiograms obtained immediately after fracturing.

では、鮮鋭度がやや劣るものの、軟X線所見と同様に、週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側(1-d)では、破折線がコントラストのやや低いX線透過像として認められる。破折線をはさむ破折端は不規則かつ鮮鋭であり、破折線内部は、軟X線所見と同様に、石灰化を思わせる所見は何ら認められない。

- ③ マイクロラジオグラム所見：対照側(1-e)では、エナメル質ならびに象牙質が整然

と認められる。形態的には週齢に応じた所見を示す。破折側(1-f)では、破折線が明瞭なX線透過像として認められる。破折線をはさむ破折端は極めて明瞭である。破折線内部に石灰化を思わせる所見は何ら認められない。

## 2. 破折後7日目

- ① 軟X線所見：対照側(2-a)では、ラットの週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側(2-b)では、破折線内部のX

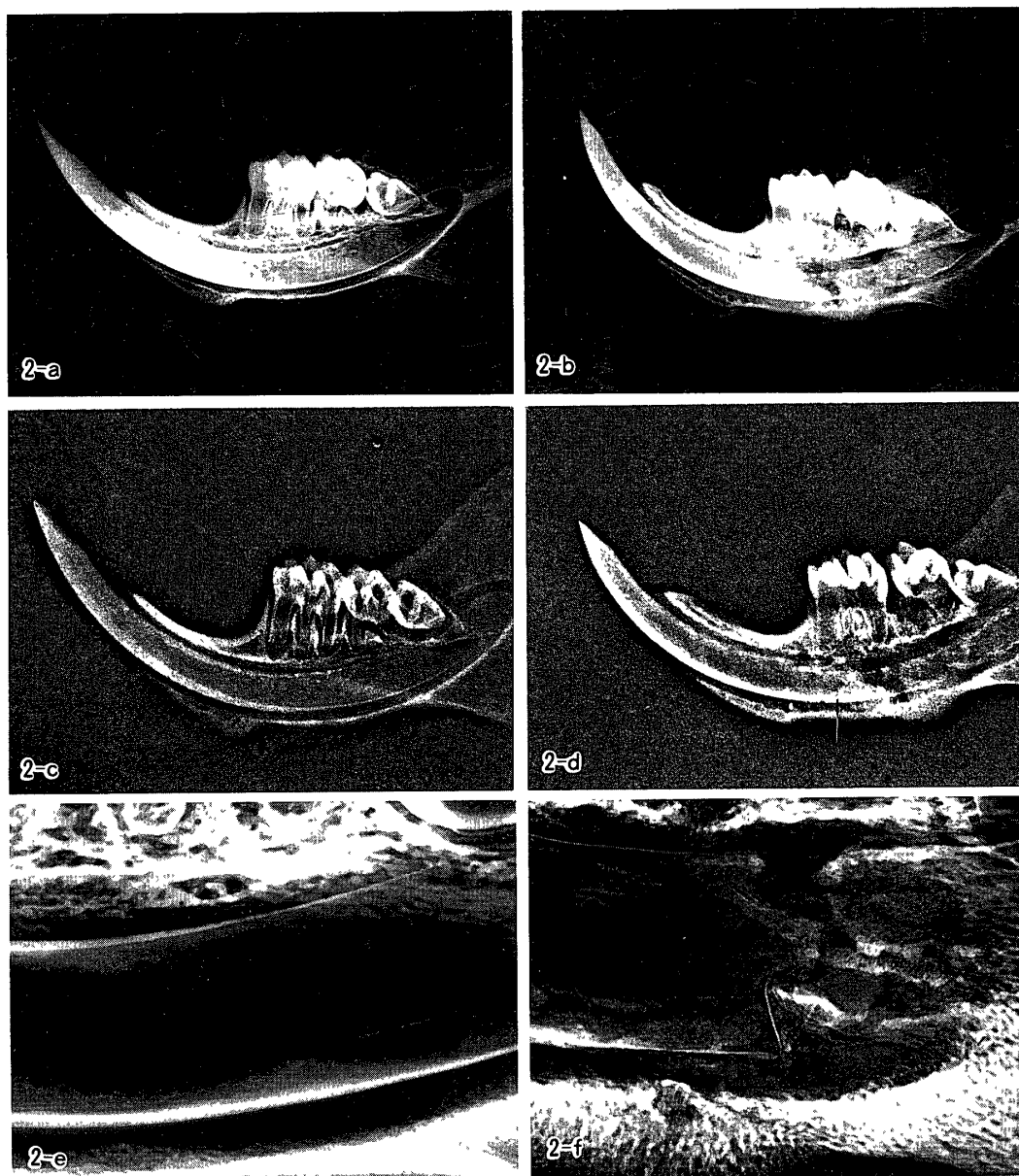


Fig. 2 Soft X-ray radiograms, xeroradiograms and microradiograms obtained on the 7th day after fracturing.

線不透過性が不規則に亢進し、破折線をはさむ破折端も著名な石灰化像を呈する。また、破折線遠心部には歯牙の減形成が認められ、該部に相当する骨皮質部に新生仮骨の出現が膨隆状に認められる。

- ② ゼララジオグラム所見：対照側（2-c）では、軟X線所見と同様に、週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側（2-d）では、軟X線所見と同様の所見がより高コントラストの像として認められる。

- ③ マイクロラジオグラム所見：対照側（2-e）では、週齢に応じたエナメル質および象牙質の形成状態が明瞭に認められる。破折側（2-f）では、破折線をはさむ破折端に沿って、石灰化の亢進を思わせる白線が認められる。また、破折線をはさむ近心のエナメル質ならびに象牙質ともに、不規則なX線不透過性を示す減形成の所見が認められる。破折線内部には不規則な石灰化の亢進によるX線不透過性の亢進を認める。しかし、象牙質様石

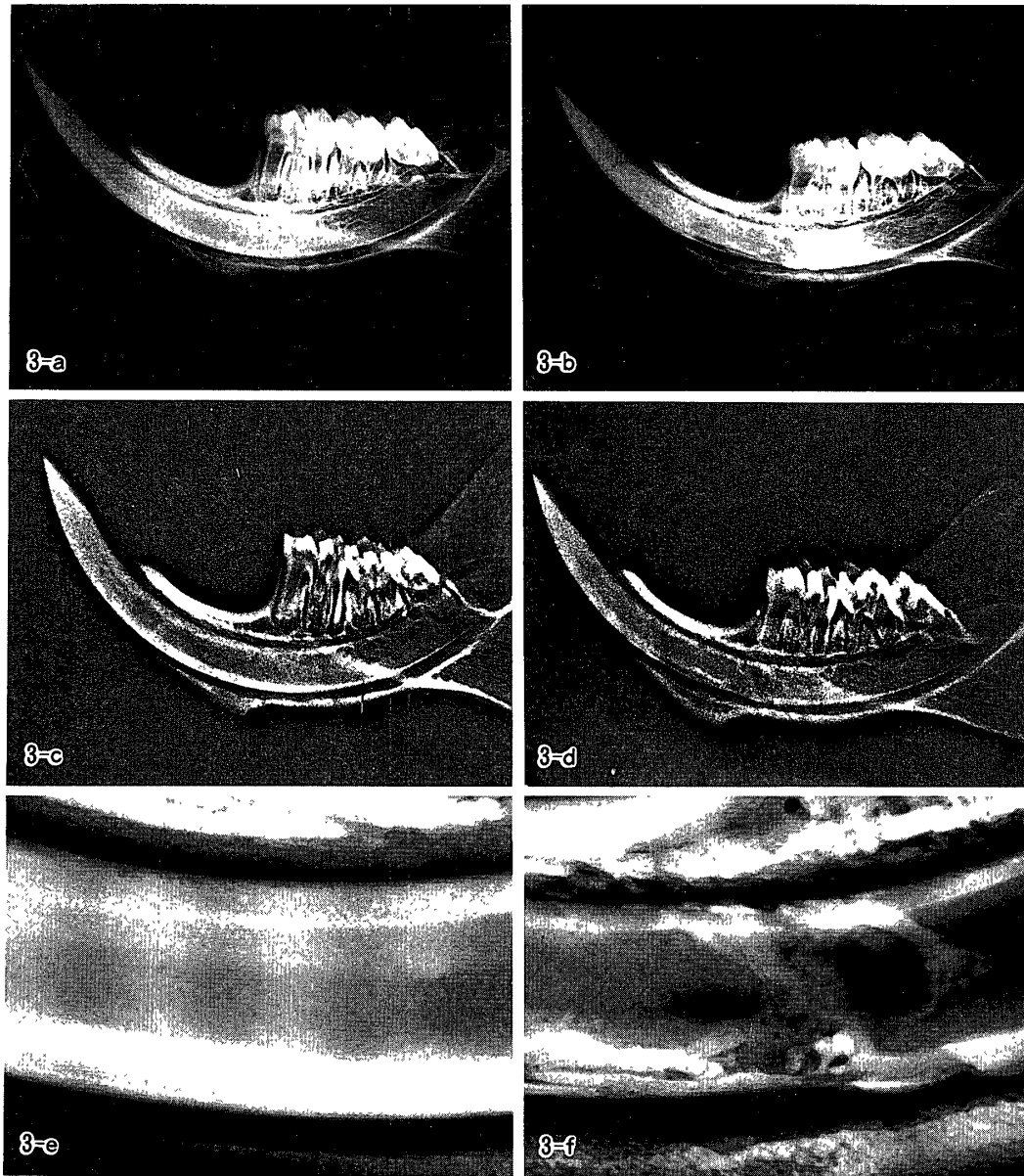


Fig. 3 Soft X-ray radiograms, xeroradiograms and microradiograms obtained on the 14th day after fracturing.

灰化物の所見は未だに認められない。

### 3. 破折後14日目

① 軟X線所見：対照側（3-a）では，週齢に応じた歯牙の発育状態を示す。破折側（3-b）では，7日目に比較して，破折端内部の不規則な石灰化がさらに充進し，より著名なX線不透過像を呈する。破折線は切歯の発育に伴い切端側に移動し，同部の外側部に明瞭な減形成所見を認める。減形成部は明瞭なX線透過像として認められ，周囲は白線によっ

て囲まれる。

② ゼロラジオグラム所見：対照側（3-c）では，軟X線所見と同様に，週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側（3-d）では，破折線内部の石灰化と減形成の状態ともに，軟X線所見と同様であるが，より高コントラストの所見を呈する。

③ マイクロラジオグラム所見：対照側（3-e）では，エナメル質ならびに象牙質ともに，週齢に応じた形成状態を示す。破折側（3-f）

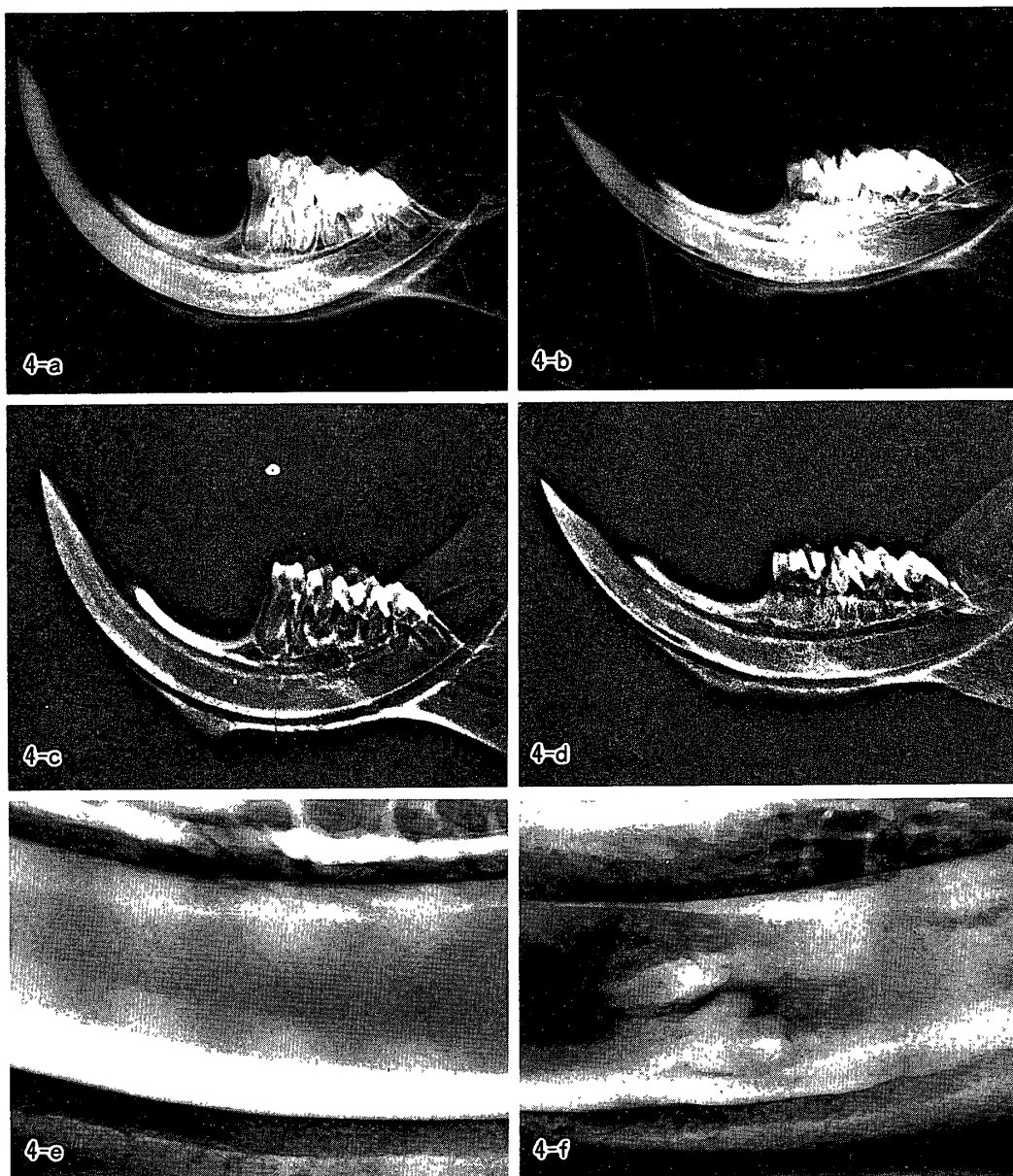


Fig. 4 Soft X-ray radiograms, xeroradiograms and microradiograms obtained on the 21st day after fracturing.

f) では、7日目に比較して破折端の石灰化がさらに亢進するとともに、破折線内部に向かって、象牙質から続く塊状X線不透過像の出現が認められる。破折線内部は不規則な石灰化により、さらに強いX線不透過性を呈する。

#### 4. 破折後21日目

- ① 軟X線所見：対照側（4-a）では、週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側（4-b）では、歯牙の発育に伴って、破折

線がより切端側に移動し、破折線内部の石灰化もより亢進した所見を示す。14日目で認められた減形成部のX線透過帯はより明瞭となり、周囲を囲む白線も、より肥厚した所見を呈する。

- ② ゼラジオグラム所見：対照側（4-c）では、軟X線所見と同様に、週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側（4-d）では、減形成部および破折部ともに、軟X線所見と同様の所見を示すが、減形成部のX線透

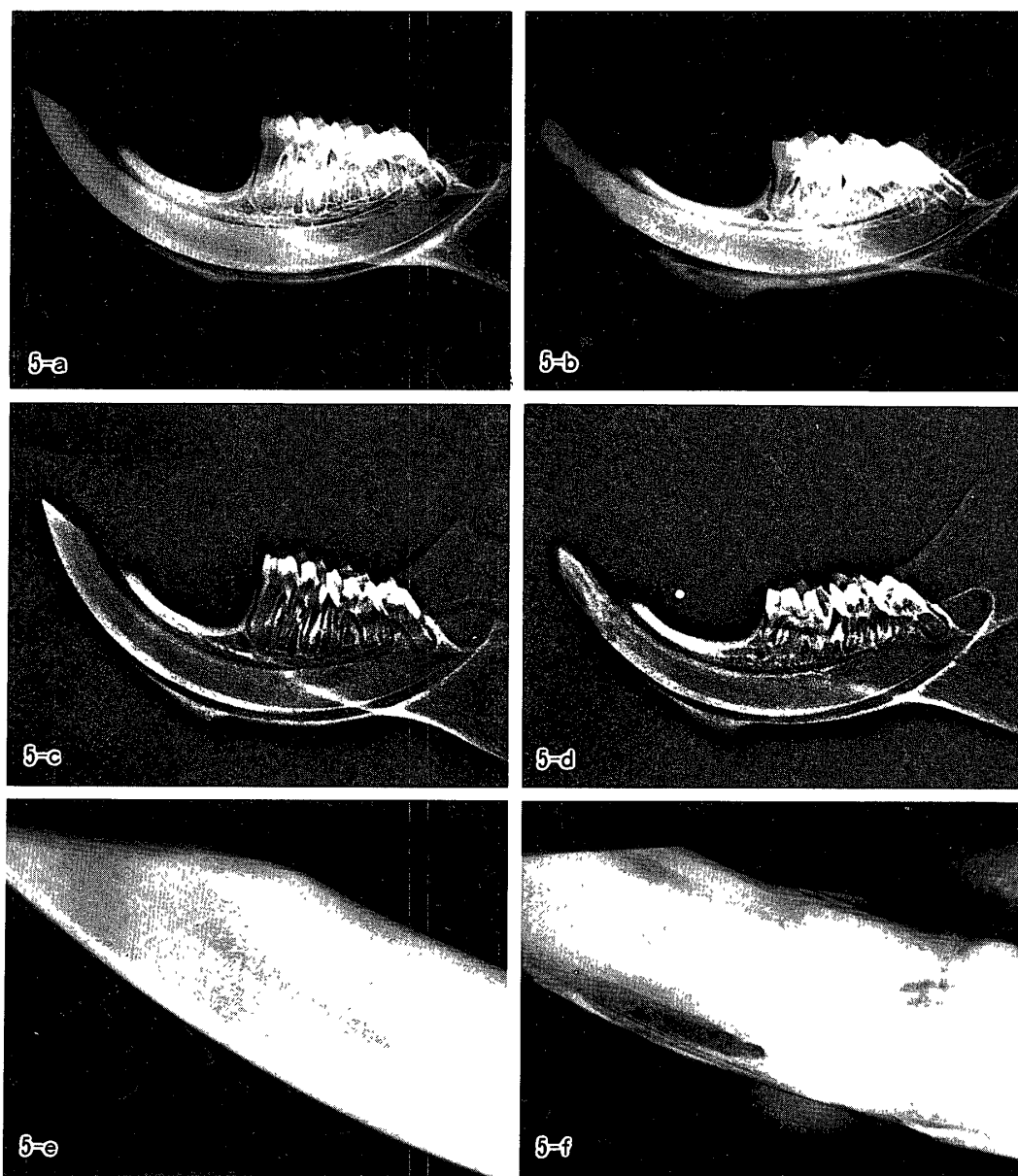


Fig. 5 Soft X-ray radiograms, xeroradiograms and microradiograms obtained on the 28th day after fracturing.

過帯ならびに周囲を囲む白線はより明瞭に認められる。

- ③ マイクロラジオグラム所見：対照側（4-e）では、エナメル質ならびに象牙質とも、週齢に応じた発育形成状態を示す。破折側（4-f）では、破折線部の象牙質様石灰像が、14日目に比較して、さらに大きくかつ明瞭となり、強いX線不透過性を呈する。また、エナメル質ならびに象牙質の減形成もより著名に認められる。

### 5. 破折後28日目

- ① 軟X線所見：対照側（5-a）では、週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側（5-b）では、切歯の成長に伴い、破折線がさらに切端側に移動し、著名な減形成所見を呈する。破折線内部は石灰化がより亢進し、強いX線不透過性を呈する。
- ② ゼラジオグラム所見：対照側（5-c）では、軟X線所見と同様に、週齢に応じた所見を示す。破折側（5-d）では、軟X線所

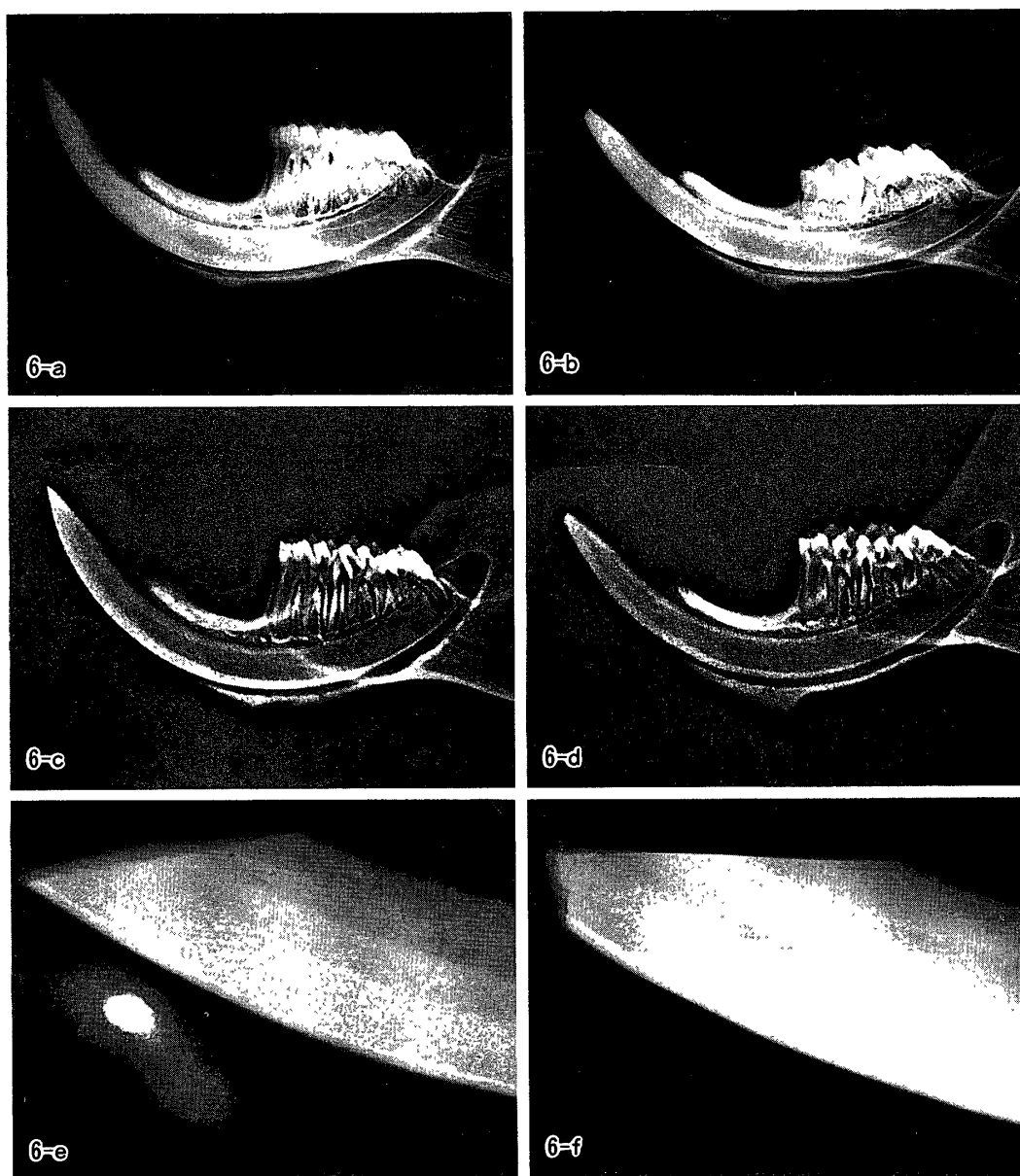


Fig. 6 Soft X-ray radiograms, xeroradiograms and microradiograms obtained on the 35th day after fracturing.

見と比較して、減形成の所見がより明瞭に示されている。

- ③ マイクロラジオグラム所見：対照側（5-e）では、週齢に応じたエナメル質と象牙質の発育形成状態を示す。破折側（5-f）では、破折線内部の石灰化がより充進し、歯牙の減形成も明瞭に示される。

#### 6. 破折後35日目

軟X線所見：対照側（6-a）では、週齢に応じた歯牙の発育形成状態を示す。破折側（6-

b）では、歯牙の発育に伴い、破折部は切歯切端に移動し、わずかに痕跡を呈するのみである。

- ② ゼロラジオグラム所見：対照側（6-c）ならびに歯牙破折側（6-d）ともに、軟X線所見と同様の所見を呈する。

- ③ マイクロラジオグラム所見：対照側（6-e）では、週齢に応じたエナメル質と象牙質の形成状態を示す。破折側（6-f）においても、歯牙の成長に伴い、切端部のみに欠損



を認める程度である。

## 考 察

成長過程にある幼若永久歯に何等かの障害が加わると、加わった障害の種類や大きさによって、種々の異なった症状を現すこととなる<sup>1-18)</sup>。現れる症状の種類や程度は障害の加わった時点の幼若永久歯の発育段階と深い関係にあることも明らかにされている<sup>1-18)</sup>。障害が外傷であれば、歯牙の脱臼や破折を来すことも稀ではない<sup>14)</sup>。また、外傷の影響が軽度であっても、エナメル質形成不全などの歯牙の異常を惹起することも良く知られた事実である<sup>8-15)</sup>。

外傷による幼若永久歯に対する影響については、これまでも多くの研究が報告されている<sup>8-18)</sup>。臨床的研究は、ほとんどが統計学的あるいはX線学的に成されたものであり<sup>11,14,16,17)</sup>、多数の症例や長期に亘る観察が要求されるものである。従って、転医等による受診の中止のため、経過の観察が中断することも稀ではなく、系統立った成果を期待することが困難な場合が多い。また、臨床的研究の多くは、ヒト歯牙を対象とするので、実験的外傷を加えることは不可能である。可及的に短期間でかつ一定条件の歯牙破折を、詳細に観察するためには、動物実験に頼らざるを得ないのが現状である<sup>8-10,12-15)</sup>。実験的研究に最も多く用いられているのはラットやマウス等のゲッ歯類の歯牙である。ゲッ歯類の臼歯は有根歯であるが、切歯は無根歯であり、歯牙は一定の速度で成長し続ける<sup>19)</sup>。従って外傷と歯牙の発育との関係を観察するには、最も適した歯牙であると考えられる。われわれの実験も、このような観点から、幼若ラットの切歯を用いて実験的歯牙破折を作成し、歯牙の成長との関係を検索した。得られた結果は、破折後7日目から破折部の石灰化が亢進し、14日目にはエナメル質の形成不全が認められるなど、Santone<sup>20)</sup>やLevy<sup>12)</sup>の報告とほぼ類似したもの

であった。また、マイクロラジオグラム所見では、象牙質から続く塊状象牙質様組織が破折部に認められ始め、経日的に石灰化の亢進を示した。これらの所見は石川ら<sup>17)</sup>の報告した庇蓋硬組織(dentin bridge)と同様に、破折部の修復機転であるものと考えられる。われわれが行った検索は放射線学的検索のみであるが、組織学的にも、ほぼ象牙質であることが推測される。

一方、ゼロラジオグラフィによる観察についてであるが、これまでのところ、幼若ラットの歯牙破折をゼロラジオグラフィで検索したとの報告は皆無であるといえる。従って、他の報告と比較することは不可能であるが、一般に、高コントラストの画像が得られること、被曝線量が少ないこと、などの利点が挙げられている。しかし、これらの利点は診断用X線写真に比べての利点であり、軟X線写真と比較すれば、鮮鋭度、コントラスト、解像力などの点においても、未だに劣っていることは否めない。われわれの実験結果でも、軟X線写真の方がより鮮鋭かつ高コントラストであった。小動物の歯牙を用いる観察では、ゼロラジオグラフィの限界であるものと考えられる。軟X線像と同等の画像を得るためには、帯電板や炭素粉末の微細化など、より多くの点で改良を必要とするものと考えられる。

次にマイクロラジオグラフィについてであるが、本法は、石灰化の差をX線像として表すものであり、歯牙破折部における石灰化の詳細な観察に最も適した手法の一つと考えられる。理論的には×1000までの拡大が可能であることから、微細構造の観察には欠くことのできないものと考えられる。今回の実験結果でも、X線撮影やゼロラジオグラフィは、石灰化の亢進状態や、減形成の存在をおおまかに描出したのみであるが、マイクロラジオグラフィは、象牙質から続く塊状石灰化を明瞭に描出し、それらが庇蓋硬組織であることを推定させた。本法は組織

学的検索なしでも, 病変の本質を現すことが可能であり, 極めて有用な検査法の1つであることが確認された。

## ま と め

今回, われわれは, 幼若ラットの歯牙破折が切歯の成長に及ぼす影響を検索し, 前述のごとくの結果を得た。得られた結果に考察を加え, 以下の結論を得た。

- 1) 歯牙の破折はエナメル質形成不全等の歯牙の異常を惹起するとともに, 破折部の修復過程として象牙質様組織の増殖をきたすことが確認された。
- 2) ラット切歯の成長に伴い, 歯牙の破折部は, 一定の速度で切端側に移動し, 破折後35日目にはほぼ消失することが確認された。
- 3) 幼若ラットの歯牙破折に関する観察には, 軟X線検査がゼロラジオグラフィよりも有用であることが判明した。また, 微細な変化の観察にはマイクロラジオグラフィが最も適していることが確認された。

## 文 献

1. Turner.J.G.: Effects of abscesses arising from temporary teeth. Brit.J.Dent.Sci., 49: 562-564, 1906.
2. Muhler.J.C.: The effect of apical inflammation of the primary teeth on dental caries in the permanent teeth, J.Dent.Child., 24: 209-210. 1957.
3. 熊本恵迪: 乳歯根端部の炎症が永久歯歯芽の発育に及ぼす影響に関する実験的研究, 歯科学報, 60: 835-853, 1960.
4. 柿下正雄, 金子昌幸, 古本啓一: エナメル質形成不全症と部分的無歯症が同一口腔内に見られた1例, 歯放, 19: 245-252, 1979.
5. 西堀久美, 今村基遵, 足立 守, 會田栄一, 黒須一夫: 小児の乳歯根尖性歯周炎が後続永久歯胚に及ぼす影響, 第2報後続永久歯の萌出過程と形成障害, 小児歯誌, 22: 651-660, 1984.
6. 遠藤公一: 歯の萌出に関する実験的研究, — $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 線照射の歯牙交換に与える影響—, 小児歯誌, 18: 555-580, 1980.
7. 金子昌幸, 千葉博茂, 秋山明弘, 北村信安, 岩本英光, 谷野日出人, 立浪昭夫, 大里宏治, 古本啓一: 放射線治療後の歯牙形成不全についての経年的観察, —X線所見と文献的考察を中心に—, 歯学, 66: 523-538, 1978.
8. 笹野 栄: 外傷が歯牙発育に及ぼす影響の実験, 口病誌, 6: 253-260, 1932.
9. 笹野 栄: 外傷の歯牙に及ぼす影響, 口病誌, 8: 1-6, 1934.
10. 宇治寿康: 発育初期の歯牙に及ぼす機械的損傷の影響に関する実験的研究, 九州歯会誌, 15: 123-158, 1962.
11. Carr, L.M.: The effect of extraction of deciduous molars on the eruption of bicuspid teeth, Aust.Dent.J., 8: 130-136, 1963.
12. Levy, B.A.: Effects of experimental trauma on developing first molar teeth in rats, J.Dent. Res., 47: 323-327. 1968.
13. Andreasen, J.O.: Traumatic injuries of the teeth, Munksguard, Copenhagen, 1972.
14. 向井美恵, 鈴木康生, 木村興男: 幼若永久歯の外傷に関する臨床統計学的観察, 小児歯誌, 16: 43-47, 1978.
15. 米山博己: 乳歯の外傷が後続永久歯萌出に及ぼす影響, 歯学, 67: 714-739, 1980.
16. 山下 登, 向井美恵, 鈴木康生, 佐々竜二, 小高鉄男, 東 昇平: 外傷による幼若永久歯脱落後に形成された歯根のX線学および組織学的観察, 小児歯誌, 19: 546-558, 1981.
17. 石川雅章, 宮新美智世, 高松美雄: 外傷を受けた幼若永久歯の予後に関する研究, —生活歯髄切断法の臨床的経過について—, 小児歯誌, 21: 161-168, 1983.
18. 宮新美智世, 石川雅章: 外傷を受けた幼若永久歯の予後に関する研究, —水酸化カルシウム系糊剤によるapexificationについて—, 小児歯誌, 24: 459-467, 1986.
19. 斎藤 峻: 歯の萌出・成長に関する実験的研究, 第1報 軟X線切歯側方撮影法および微小移動距離連続記録法の開発とその実験的条件の吟味, 小児歯誌, 25: 43-53, 1987.