原著論文

続々・咀嚼時，主機能部位の観察
ーインレー装着歯に起こった歯質の破折との関係ー

加藤 均，三浦宏之，長谷川成男*，吉田恵一，田中義浩

東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科

口腔機能再構築学系専攻 摂食機能保存学講座

摂食機能保存学分野，*明倫短期大学

〔受付：平成14年9月5日〕

Observation on the Main Occluding Area in Mastication

Part III: The Relation between the Main Occluding Area and the Tooth Fracture of the Inlay-restored Tooth

Hitoshi Kato, Hiroyuki Miura, Shigeo Hasegawa*, Keiichi Yoshida and Yoshihiro Tanaka

Graduate School, Tokyo Med. and Dent. Univ., Div. of Oral Health Sciences,

*Dept. of Restorative Sciences, Fixed Prosthodontics, *Meirin College*

〔Received: September 5, 2002.〕

Key Word: main occluding area, occlusal surface, mastication, functional cusp, failed inlay

Abstract: In order to clear the functional force loading on the occlusal surface, we explored the relation between the main occluding area and tooth fracture of an inlay-restored tooth. From the observation of 44 cases the following conclusions were obtained:

1. Tooth fracture of an inlay-restored tooth could be classified into two types: fracture at the margin of the inlay (margin fracture), and fracture extending over the cusp (cusp fracture).
2. In many cases, tooth fracture occurred at the functional cusp and coincided with the main occluding area; therefore, the main cause of the fracture could be recognized as mastication on the main occluding area.
3. Care must be taken to the main occluding area when restoring.

抄録 機能時に咬合面が受ける力を解明するために，歯質の破折を惹起したインレー装着歯44症例について，破折状況と主機能部位との位置関係を検討し，以下の結論を得た．

1. インレー装着歯に起こった歯質の破折は，インレー辺縁に沿った破折，辺縁破折と咬頭に及んだ破折，咬頭破折とに大別できる．
2. 多くの症例で歯質の破折は機能咬頭に発生し，加えて主機能部位と一致していたことから，破折の主因は主機能部位としての咀嚼機能によるものと考えられる．
3. 歯冠修復に際しては主機能部位にも考慮を払うことが必要である．

I. 緒 言

歯冠修復の大きな目的は歯冠の形態・機能を回復・維持することにある。著者らは、回復した咬合面にはさまざまな力が働き、その力の大きさ、方向、作用部位が修復歯のその後の経過を左右することから、機能時に発生する力と調和した機能的咬合面形態を求めて、ミクロ的およびマクロ的視点にたったの研究を行ってきた¹⁻⁹⁾。

ミクロ的視点にたった歯の変位の測定で、上顎大臼歯は諸機能の中で咀嚼時に150 μ m前後と最も大きい舌側への変位を示し、咀嚼が歯の機能・機構に大きく関与していることがわかった³⁾。そこで、咀嚼時に注目してマクロ的視点での研究を行い、摂取された食物の多くは緊密な咬合関係にある大臼歯部の機能咬頭間の主機能部位で粉碎・細分化され^{7, 8)}、粉碎・細分化された食物は非機能咬頭の被蓋に誘導されて頬舌側へ流出することなどを明らかにした⁹⁾。これらの結果は、主機能部位が咀嚼時に中心的役割を担うことによって、咀嚼力の作用点となり、常時相当の咀嚼力を受けていることを示唆している。

今回は、インレー装着歯に起こる術後のトラブルの多くは、歯質の破折を伴い、破折部が咬合面内に限局していることから、これらの症例は機能時に咬合面に作用する力を解明する上で貴重な情報を含んでいるであろうと考え、歯質の破折を惹起していた44症例のインレー装着歯について、主機能部位との関係を中心に検討を行なった。

II. 観察方法

1. 症 例

症例は1993年～2001年の8年間に大臼歯部のインレー装着歯に異常を訴えて東京証券業健康保険組合診療所歯科を受診した患者の中で、咬合面部に歯質の破折を認めた44症例（年齢33.5～65.6歳、平均50.8歳）である。これらの症例はインレー装着歯部で、いずれも正常被蓋関係を示していた。また、観察した44症例中、当診療所で修復した装着日が明確なインレーは1985年～1998年の13年間に装着した38症例で、いずれも寒天アルジネート法で印象採得し、12%金銀パラジウム合金で作製して、リン酸亜鉛セメントで着着したものである。

症例はすべて口腔内で写真撮影を行い、歯質の破折状況、破折部位と主機能部位との関係、装着期間について検討した。なお、インレーが脱落していた場合にはインレーを窩洞内に戻して確認した。

2. 破折状況の観察

歯質の破折状況は、インレー辺縁に沿った破折、“辺縁破折”と、咬頭に及んだ破折、“咬頭破折”に大別し、破折部位は大臼歯の咬合面を頬舌・近遠心の4部位に別けて検討した。

インレーの装着期間は装着した日からインレーの脱落、歯質の破折などが発生して患者が受診した日までとした。

3. 主機能部位の決定

主機能部位⁷⁾の決定には、直径3.4mmのストッピングを長さ約4mmに切断したもの1個を患者の舌上に載せ、咀嚼時を想定させて当該インレー装着歯側の噛みやすい部位で1回の噛みしめを行わせた。これを5回行わせ、噛みしめの結果が集中した部位を主機能部位とした。

なお、噛みしめられた後のストッピングは直径8mm前後であったが、咬合面に広がったストッピングの範囲内に歯質の破折部が含まれていた場合には、主機能部位と破折部位が一致するものと判定した。

III. 結 果

1. 歯質の破折状況

観察した44症例中、辺縁破折は31症例、咬頭破折は13症例であった。また、インレーが脱落していた症例は29症例であった。

1) 辺縁破折

症例A（図1-1）、B（図2-1、2）は辺縁破折の代表例で、症例Bでは脱落したインレーを窩洞内に戻すとインレー辺縁部の歯質の破折が明確になる。症例Aの破折部には食物残渣の圧入と二次う蝕が、症例Bではインレーが脱落した窩洞の機能咬頭部に限局して二次う蝕がみられ、辺縁破折症例ではほとんどの場合に二次う蝕が認められた。

辺縁破折は上顎歯で20症例、下顎歯で11症例で、破折部位はいずれも機能咬頭の内斜面にあった。非機能咬頭の内斜面での辺縁破折はみられなかった（表1）。

2) 咬頭破折

症例C（図3-1）、D（図4）は咬頭破折の代表例で、症例Cでは機能咬頭が、症例Dでは非機能咬頭が破折している。症例C、Dともに破折部に二次う蝕は認められないが、他の咬頭破折の症例でも二次う蝕は認められなかった。

咬頭破折は上顎歯で3症例、下顎歯で10症例であったが、舌側咬頭が破折した下顎歯の5症例を除いた8症例

1-1

2-1

1-2

2-2

図1 症例 A (辺縁破折例)

1-1 : 機能咬頭内斜面部の辺縁歯質が破折している。

1-2 : 破折部は主機能部位と一致する。

Fig. 1 Case A (Case of margin fracture)

1-1 : The tooth substance at the margin of the inlay fracture in the inner incline of the functional cusp.

1-2 : The fracture is coincident with the main occluding area.

図2 症例 B (辺縁破折例)

2-1 : インレ脱落後の窩洞。機能咬頭部に二次カリエスが発生している。

2-2 : 窩洞内に脱落インレーを試適。機能咬頭部の辺縁歯質が破折している。

Fig. 2 Case B (Case of margin fracture)

2-1 : The cavity after failure of the inlay. Secondary caries is observed at the functional cusp.

2-2 : The failed inlay is fitted into the cavity. The tooth fracture at the margin of the inlay is at the functional cusp.

で，破折部位は機能咬頭にあった。なお，上顎頬側咬頭の咬頭破折症例は1症例もみられなかった（表1）。

2. 破折部位の分布

辺縁破折と咬頭破折を合わせたインレー装着歯の歯質の破折は，上顎第一大臼歯で16症例と最も多く，下顎第一大臼歯の14症例がこれに続き，上顎第二大臼歯では7症例，下顎第二大臼歯では6症例であった（図5，表1）。

辺縁破折の部位別では上顎第1大臼歯の近心舌側部の

9症例が最も多く，ついで下顎第1大臼歯の遠心頬側部の7症例となっていた（図5）。しかし，これらの部位に咬頭破折は1症例もなかった。

咬頭破折の部位別では下顎第1大臼歯の近心頬側部の4症例が最も多く，ついで上顎第1大臼歯の遠心舌側部の3症例となっていた（図5）。なお，これらの部位には辺縁破折もみられた。

3. 装着期間

装着日が明確なインレーの平均装着期間は6年5ヶ月

表1 歯質の破折状況

Table 1 The condition of the tooth fracture. () is the number of discordant cases with the main occluding area.

	M ₁	M ₂	M ₃	M ₁ +M ₂ +M ₃
辺縁破折	L $\begin{pmatrix} (1) \\ 13 \\ 9 \end{pmatrix}$ B	$\begin{pmatrix} 7 \\ 2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \\ \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (1) \\ 20 \\ 11 \end{pmatrix}$
咬頭破折	$\begin{pmatrix} 3 \\ 1 \ 4 \\ (1) \ (1) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 3 \ 1 \\ (2) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 \\ (1) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 3 \\ 5 \ 5 \\ (4) \ (1) \end{pmatrix}$
辺縁破折 + 咬頭破折	30 $\begin{pmatrix} (1) \\ 16 \\ 1 \ 13 \\ (1) \ (1) \end{pmatrix}$	13 $\begin{pmatrix} 7 \\ 3 \ 3 \\ (2) \end{pmatrix}$	1 $\begin{pmatrix} 1 \\ (1) \end{pmatrix}$	44 $\begin{pmatrix} (1) \\ 23 \\ 5 \ 16 \\ (4) \ (1) \end{pmatrix}$

() 内は主機能部位との不一致数

3-1

3-2

図3 症例C (咬頭破折例)

3-1 : 破折は機能咬頭の一部にまで及んでいる.

3-2 : 破折部は主機能部位と一致する.

Fig. 3 Case C (Case of cusp fracture)

3-1 : The tooth fracture extends over the functional cusp.

3-2 : The tooth fracture is coincident with the main occluding area.

(10ヶ月～13年3ヶ月)であった。辺縁破折の症例数は装着2年目から次第に増加し、6年目で5症例となってピークを迎え、その後は次第に減少する傾向にあった(図6)。

一方、咬頭破折は7年目に最多の4症例を示したが、1年目の2症例から始まってランダムに発生する傾向があった(図6)。

4. 主機能部位

主機能部位⁷⁾は、歯質の破折が起こったインレー装着歯を含む上顎あるいは下顎の歯列で表現すると⁷⁾、下顎第2大臼歯中央部を示した1症例を除いた43症例で、機能咬頭内斜面部に局限して存在していた(図1-2, 図3-2, 図4, 図7)。歯種別では44症例中、上下顎合わせて第1大臼歯部が24症例と最も多く、ついで第2大臼歯部の13症例、第1・第2大臼歯歯間部の7症例で

図4 症例D（咬頭破折例）
破折は下顎舌側咬頭に及んでいるが、破折部は主機能部位と一致しない。
Fig. 4 Case D (Case of cusp fracture)
The fracture extends to the lingual cusp of lower molar. The fracture is not coincident with the main occluding area.

あった（図7）。

辺縁破折では31症例中の30症例の破折部位が主機能部位と一致し、咬頭破折では13症例中、8症例の破折部位が主機能部位と一致していた。一方、破折部位が主機能

部位と一致していなかった辺縁破折1症例および咬頭破折5症例の主機能部位は、当該インレー装着歯あるいはその隣在歯の機能咬頭内にあった（図5）。

Ⅳ. 考 察

う蝕に罹患した歯はその後幾度となく修復が重ねられ、最悪の場合には喪失にまでいたるということが、従来から指摘されている¹⁰⁾。

そして今、歯冠修復の目的にもあるように、修復された歯の形態、機能を長く維持し、口腔機能を保全することが歯科学での重要な課題となっている。再修復の原因に関しては多くの研究が行われ、その主因としては辺縁漏洩¹¹⁾、咬合接触による辺縁歯質の破折^{12, 13)}などが報告されている。

著者らは臨床において遭遇するさまざまな歯質の破折を起こしたインレー装着歯を詳細に観察して、咀嚼機能、ことに主機能部位との関連性も無視できないとの示唆を得たので、以下のような検討、考察を行った。

1. インレー辺縁部の歯質の破折

インレー装着歯に起こる辺縁歯質の破折は、日常の機能時に作用する力が原因となる可能性がある。

本研究におけるインレー辺縁部の歯質の破折は、すべ

図5 破折部位の歯種別分布状況
Fig. 5 Distribution of the fracture on each molar.

図 6 装着期間と歯質の破折の関係

Fig. 6 Relation between the number of the tooth fracture and the term of restoration.

てが機能咬頭で起こっていて、31症例中の96.8%にも及ぶ30症例で破折部位が主機能部位と一致していた（表1）。これらの結果は、破折が咀嚼によって起こったことを示すとともに、繰り返し同部位で咀嚼するという主機能部位の存在をも明らかにしている。また、咬頭嵌合位において緊密な咬合関係にある主機能部位に歯質の破折が多く惹起されていたことは、ミクロの研究によって明らかとなった咀嚼ストロークの各終末位付近で咀嚼力が最大となる^{5, 6)}ということが、大きく関与しているものと考えられる。

さらに、インレーの脱落を伴った症例において辺縁破折部に限局した二次う蝕が多数例で認められたことは、これらの二次う蝕が辺縁漏洩によるものではなく、はじめに破折が起こり、ついで食物が押し込まれ、同部が食物残渣の貯溜域となった結果として生じたことを示している。

辺縁破折の症例数が装着期間とともに増加し、6年目でピークを迎えていたことは（図6）、辺縁破折が偶発的に起こったものではなく、インレー装着後に同部が日常の咀嚼の主機能部位となって機能したことによる歯質の疲労の限界が、多くの症例で6年目前後に訪れるものとして考えることができる。

他方、辺縁破折が非機能咬頭の内斜面部にみられなかったことは、主機能部位が機能咬頭内斜面部に限局されていること⁷⁾を示すとともに、非機能咬頭は粉碎・細分化された食物を頬舌側へ誘導するという役割を演じてはいるものの⁹⁾、内斜面部は粉碎・細分化には直接関与することなく、破折にいたるほどの咀嚼力を受けていないことを示している。

図 7 主機能部位の分布状況

Fig. 7 Distribution of the main occluding area.

2. 咬頭に及ぶ破折

咬頭破折症例は機能咬頭に8症例みられたが、主機能部位と一致しない下顎舌側咬頭にも5症例がみられた（表1）。これは咀嚼の初期などに咬合面上に大きな食物が載り、主機能部位を越えて広範な部位で粉碎が行われたときに起こるもので、下顎舌側咬頭が鋭くそびえ立つような破折しやすい形態をもつ¹⁴⁾ことにも原因していると考えられる。また、咬頭破折が装着期間に関わらずランダムに発生していることは（図6）、これらが偶発的に加わった過大な咀嚼力による、事故的な状況下で起こっていた可能性を示している。したがって、インレー装着歯での咬頭破折と辺縁破折は異なる原因で起こるものと考えられる。

なお、上顎頬側咬頭部には辺縁破折、咬頭破折がともにみられなかったが（図5）、これは同部が咀嚼のごく初期を除いては食物の粉碎・細分化に関与することが少なく、破折にいたるほどの力を受けることは稀であることを示すものである。

3. 破折歯種

歯種別に辺縁破折と咬頭破折を合計した症例数は、上下顎第一大臼歯で最も多く44症例中の30症例で、68.1%であった（表1）。

これらの症例の修復が多く行われた1989年～1995年の7年間の各年毎に、装着年毎のインレーの歯種別総数に対する、歯質の破折が発生したインレー装着歯数の比率を求めると、第一大臼歯で5.2%、第二大臼歯で1.8%、第三大臼歯で1.3%となり、第一大臼歯で比率は最も高く3～4倍を示した（表2、3）。すなわち、本観察で第一大臼歯での破折症例が多かったことは、装着したイ

表2 インレー装着歯数と歯質破折発生歯数
(1989～1995年)

Table 2 The relation between the number of restorations and fractured teeth (1989～1995).

装着年 歯種	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95
M ₁	5 / 123	4 / 60	2 / 64	1 / 42	4 / 64	3 / 40	3 / 34
M ₂	1 / 123	1 / 60	2 / 80	0 / 52	2 / 49	2 / 50	0 / 25
M ₃	0 / 22	0 / 8	0 / 7	0 / 13	0 / 5	1 / 8	0 / 12

インレーの総数が多かったことによるものではなく、主機能部位が同部に集中していたこと（図7）に原因するものと考えられる。

4. 主機能部位

本観察44症例の主機能部位は、43症例が機能咬頭内にあって、歯間部も含めると70.5%が第1大臼歯に存在し、従来の報告⁷⁾ともほぼ一致していたことから、主機能部位の多くが上下顎第1大臼歯の機能咬頭間に存在することがさらに明確になった。

辺縁破折の31症例中の30症例、96.8%で歯質の破折部位と主機能部位が一致していた（表1、図5）。このことは、主機能部位が咀嚼時に中心となり、繰り返し咀嚼圧を受けていることを示すものであり、非機能咬頭に辺縁破折がみられなかったことは逆の面から主機能部位の存在を裏付けるものである。Shiau らは、砂糖や寒天を球状に加工した試験食品を13人の被験者に咀嚼させ、X線透視法を用いて観察した結果、多くの場合に粉碎は第1大臼歯部で行われていることを明らかにしている¹⁵⁾。この報告も、主機能部位が多くの被験者で第1大臼歯部にあることを示唆するものであろう。

また、辺縁破折の多発部位は、上顎では第1大臼歯近心舌側部の9症例、下顎では第1大臼歯遠心頬側部の7症例で、アングル1級の咬合関係にある上下顎大臼歯間の対合関係では同部が最も緊密に咬合する部位、主機能部位となっていることが多い^{7, 16)} こととも一致している。

咬頭破折は、非機能咬頭である下顎舌側咬頭にもみられ、主機能部位と無関係のようにも考えられるが、咀嚼の初期には食物が大きく主機能部位を超えての拡がりをもち、主機能部位で咀嚼されても時として非機能咬

表3 歯種別の歯質破折発生率（1989～1995年）

Table 3 The rate of the fractured tooth to the restoration on each molar (1989～1995).

	歯質破折歯数 インレー装着歯数	歯質破折発生率
M ₁	22 / 427	5.15%
M ₂	8 / 439	1.82%
M ₃	1 / 75	1.33%

頭の破折を招くことがあると考えることができる。このことは、咬頭破折13症例中主機能部位と一致するもの8症例、主機能部位に近接する歯の破折が4症例という結果からも導かれる（図5、表1）。なお、非機能咬頭の咬頭破折が下顎舌側咬頭にはみられたが、上顎頬側咬頭にみられなかったのは、前述のような上下顎大臼歯部の咬頭の形態的な相違¹⁴⁾によるものと考えられる。

以上のことから、インレー装着後の経過と主機能部位の間には密接な関係が認められ、歯冠修復に際しては主機能部位にも十分な考慮を払うことの必要性¹⁷⁾が示唆された。

V. 結 論

大臼歯部のインレー装着歯に起こった歯質の破折症例、44例について主機能部位との関係を検討し、以下の結論を得た。

1. インレー装着歯に起こった歯質の破折は、インレー辺縁に沿った破折、辺縁破折と咬頭に及んだ破折、咬頭破折とに大別できる。
2. 歯質の破折は機能咬頭に発生し、加えて主機能部位と一致する症例が多かった。
3. 歯冠修復に際しては主機能部位にも考慮を払うことが必要である。

VI. 文 献

- 1) 長谷川成男：咬合学序説－機能的咬合面形態を求めて－，医歯薬出版，東京：1-265，1988。
- 2) 加藤 均：歯周組織の機能状態に関する研究，第1

- 報 2次元微小変位計, 補綴誌, 25:733-745, 1981.
- 3) 加藤 均: 歯周組織の機能状態に関する研究, 第2報 臼歯の機能時の変位と安静時の脈動, 補綴誌, 26:133-147, 1982.
- 4) 加藤 均, 佐藤尚弘, 三浦宏之ほか: 咀嚼時における臼歯の変位と下顎運動, EMGの同時測定, 下顎運動機能とEMG論文集, 昭和58年度:93-98, 1984.
- 5) 加藤 均, 佐藤尚弘, 三浦宏之ほか: 多現象同時測定による咀嚼運動の解析法, 補綴誌, 28:836-843, 1984.
- 6) 田中義浩: 多変量測定による咀嚼粉碎機能の評価, 第1報 顎位間筋電図による咀嚼の観察, 口病誌, 66:351-360, 1999.
- 7) 加藤 均, 古木 譲, 長谷川成男: 咀嚼時, 主機能部位の観察, 顎機能誌, 2:119-127, 1996.
- 8) 加藤 均, 長谷川成男, 吉田恵一ほか: 続・咀嚼時, 主機能部位の観察 - 食片圧入との関係 -, 顎機能誌, 5:125-133, 1999.
- 9) 加藤 均, 田中義浩, 野澤賢之ほか: 咀嚼時, 食物動態の観察, 顎機能誌, 7:81-89, 2001.
- 10) 福島正義: 修復物の寿命, 歯科ジャーナル, 36:697-705, 1992.
- 11) 豊島義博: 歯を守るための治療と修復, 補綴臨床別冊, 35-42, 1997.
- 12) 鈴木祐司: メタルインレーを“長持ち”させるために, デンタルダイヤモンド, 20(8), 54-57, 1995.
- 13) 鈴木祐司ほか: インレーの予後を検討する, 歯界展望, 89(4), 789-823, 1997.
- 14) 吉田美子: 口腔解剖学提要・歯の編, 東京, 1978, 金原出版, 東京:10-156, 1978.
- 15) Shau, Y.Y., Chang, H.F., Chang, Y.G., et al.: Observation of bolus position with stadardized test foods and fluoroscopic technique. J. Oral Rehabili. 23:607-614, 1996.
- 16) 三好礼子: 内外および近遠心方向から6分類した臼歯部咬合小面の咀嚼運動時の咬合接触, 補綴誌, 46:203-212, 2002.
- 17) 吉田恵一, 加藤 均, 田中正信ほか: 歯をまもる, 医歯薬出版, 東京:97-103, 2002.