

機関番号：14401	
研究種目：基盤研究（B）	
研究期間：2008～2010	
課題番号：20390488	
研究課題名（和文）	咀嚼能力評価システムの開発に関するマルチセンター・リサーチ
研究課題名（英文）	Multicenter researches on development of masticatory performance evaluation system
研究代表者	
	野首 孝祠（NOKUBI TAKASHI）
	大阪大学・先端科学イノベーションセンター・特任教授
	研究者番号：80028753

研究成果の概要（和文）：口腔機能の中の最も重要な咀嚼機能に対し、いつでも、どこでも、誰でも簡便に、かつ正確に測定できる方法の開発を目指すため、まず咀嚼機能の検査用食品として規格化したβ-カロチン含有グミゼリーを製作した。次いで、その成分であるグルコースの濃度を測定する手動法を多くの施設で使用し、口腔内の様々な状況に対する咀嚼機能が有用に評価でき、また新たに開発したセミオートならびにフルオートの測定装置を用いる色素濃度の自動測定法により精度が向上し、研究や社会の様々な測定環境への汎用の可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：To easily and accurately evaluate the most important masticatory ability in many oral functions anytime, anywhere, by anyone, we developed a test gummy jelly containing β-carotene and a new masticatory performance method. The glucose concentration measurement method was used in many research institutions and it was found that the manual method using test gummy jelly containing β-carotene could usefully evaluate for the masticatory performance of various oral conditions. Additionally, newly developed methods for measuring β-carotene concentration using semi- and full-automatic measuring devices was useful for more precisely evaluating masticatory performance. The results indicated that these methods could be widely applied in various testing environments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2010年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：咀嚼、咀嚼能率、咀嚼能力、検査用グミゼリー、β-カロチン、疫学調査、自動測定装置、グルコース

1. 研究開始当初の背景

(1) 対象者の様々な状況に対して、安全に活用でき、かつ食物の摂取から嚥下直前までの咀嚼機能を的確に評価可能な食品の開発が望まれる。

(2) 歯科診療や歯科検診時における被験者に対し、咀嚼により咬断した粉碎状況を生理学上の確かつ正確な数値で、咀嚼機能の現状を即時に提示できる測定法がみられない。

(3) 現行のグルコース濃度測定法は、主に手動で操作するために、テクニカルエラーが完全に解消されていないことから、より測定精度の向上に加えて、様々な測定環境や測定者の状況において、対応可能な測定法の開発が求められる。

(4) 咀嚼機能の評価において、主観的ならびに客観的測定法が多く提唱されてはいるが、広く社会において展開可能な状況には至

っていないことから、いつでも、どこでも、誰でも簡便かつ正確に測定できる汎用性を備えた測定法を早急に整備する必要がある。

2. 研究の目的

(1) 従来グミゼリーの構成成分であるグルコースを測定対象として、グミゼリー表面から溶出するグルコースの濃度測定を行ってきた。しかし、グミゼリーに欠かせない成分を測定対象にすることは、今後本測定法の汎用を目指すための食品の開発に支障をきたすことが考えられる。その上、児童から高齢者までの様々な年齢層や、口腔や全身の多様な身体の状態に対する咀嚼能力測定法ならびに様々な検査用食品の開発が不可欠と考えられる。これらの問題点を解決するために、構成成分以外の新たな測定対象を含有させた検査用グミゼリーの開発を行う。

(2) 咀嚼機能の評価において、生理学上意味のある数値として、咀嚼によって咬断した粉碎状況(こなれ具合)を食品原形より表面積の増加の程度で表し、その増加量の数値(咀嚼能率)を算出し、常にその数値を被験者に対して即時に提示できる測定法を開発する。

(3) 従来実施してきたグルコース濃度測定法は、市販の装置を活用し、主に手動で行っていることから、その操作で生じるテクニカルエラーを解消し、咬断した様々な状況を正確に測定するための自動化を目指す。

(4) 咀嚼能力測定法を広く社会に汎用することを目的として、研究機関や医療機関等の多施設における咀嚼と健康に関連した疫学調査を実施し、咀嚼能力測定法の広く社会への活用の可能性について検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 検査用グミゼリーの開発

① 測定対象として新たな添加成分の選定

従来グミゼリーの重要な構成成分であるグルコース以外の新たな測定対象を選定するために、入手可能かつ食品上安全な20種類の天然色素の中から、それぞれ含有したグミゼリーの表面から溶出する各色素の水溶液を分光光度計にて比較検討を行った。

② 色素濃度測定法の確立

前実験において選定した β -カロチンを用い、グミゼリーの表面から溶出することを想定した β -カロチンの各種の希釈溶液に対し、発光ダイオードとフォトダイオードを用い、各種濃度の溶液中を透過する光量を受光部電圧の変化として捉え、色素濃度の測定法への適用性について検討を行った。

③ β -カロチン含有グミゼリーを用いたグルコース濃度測定法の精度

新たに開発した β -カロチン含有グミゼリーを用い、従来のグルコース濃度測定法にお

ける有用性を確認するために、同測定法によって得られたグルコース濃度と表面積増加量との相関関係について検討を行った。

(2) 自動化に向けた色素濃度測定法の開発

① セミオートタイプの開発

咀嚼能力測定法の自動化を目指すために、テクニカルエラーの生じやすい操作を制御したセミオートタイプの装置を試作した。次に、本装置における測定条件の確立、ならびに本測定装置の精度について検討を行った。さらに、グルコース濃度測定との比較を行い、本測定法の有用性についても検討を行った。

② フルオートタイプの装置と全自動測定法の開発

セミオートタイプを改良し、測定精度を向上させる目的で、咬断したグミゼリーの洗浄・攪拌・測定的全工程をすべて自動制御し、操作の効率化を図った全自動測定装置の試作と、本装置による色素濃度自動測定法の精度について検討を行った。

(3) 咀嚼能力測定法を用いた様々な施設における疫学調査

① 自立した生活を営む高齢者の咀嚼能率

対象者は、60歳以上の自立した生活を送っている高齢者1288名(男性640名、女性648名、平均年齢 66.2 ± 4.2 歳)とした。調査項目は、口腔内検診(Eichner分類)と口腔機能検査(最大咬合力、グミゼリーによる咀嚼能率、唾液分泌速度)とした。なお、義歯使用者は装着した状態で行った。

② 義歯装着者の咀嚼能率に関する調査

義歯装着者の咀嚼能力への様々な要因の影響を検証するために、歯科補綴を専門とする歯科医院4か所に通院中の217名(男性78名、女性139名、平均年齢 68.8 ± 9.9 歳)を対象に、性別、年齢、機能歯数、咬合支持、最大咬合力、義歯の装着状況が、咀嚼能率に及ぼす影響について比較検討を行った。

③ 吹田研究における調査

予防保健の基礎資料を得るために、大阪府吹田市の国立循環器病研究センター予防健診部の基本健診を受診した1032名(男性446名、女性586名、平均年齢 66.3 ± 8.0 歳)を対象に、健康診査と歯科検診を行い、口腔健康関連因子と、耐糖能障害ならびに糖尿病との関連について検討を行った。

④ 管理栄養士の咀嚼機能評価の大学教育

管理栄養士は、口腔内の諸機能の評価法を習得する機会が少なく、咀嚼機能評価に関する知識や技術が十分に教育されているとはいえない。そこで、千葉県と愛知県の2大学の管理栄養士養成課程1年次学生計60名を対象とし、解剖生理学実験の授業に咀嚼機能評価法を取り入れ、学生教育における咀嚼機能評価法の導入に関する検討を行った。

⑤ 地域住民の食生活と咀嚼能率の関連

歯学以外の大学の予防教室参加者の食生

活状況と咀嚼能率との関連から、栄養指導の指針を得ることを目的として、大学近隣の地域住民28名(男12名、女16名)を対象に、身体状況調査、血液検査、食事調査、生活習慣調査、咀嚼能率検査を実施した。

⑥ 口腔腫瘍術後患者の咀嚼能力の回復度

大学病院に来院中の口腔腫瘍患者(44名、平均年齢61.1歳)を対象に、歯科補綴治療の術前、術後1、3、6、12カ月の各時期に、検査用グミゼリーを用いた咀嚼能力を測定し、各評価時期における機能回復度に影響を及ぼす因子について検討を行った。

4. 研究成果

(1) 検査用グミゼリーの開発

① 測定対象として新たな添加成分の選定

検査用グミゼリーにそれぞれ同一量の色素を含有させた、個々のグミゼリー表面から水中に溶出する色素濃度が最も効率よく測定可能な色素として、天然色素20種類の中から、β-カロチンを含有したグミゼリーが最も適していることが判明した(図1)。

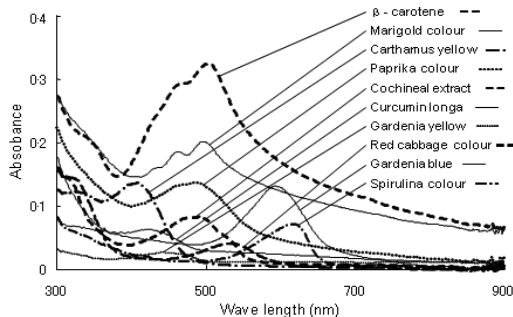


図1 天然色素(主な10種類)の吸光度

② 色素濃度測定法の確立

β-カロチンの各種濃度の水溶液と受光部電圧(水の場合を2Vと設定。)との間に極めて高い相関関係(r=0.999)が示され、色素濃度の測定が本測定法として十分適用でき、β-カロチン含有グミゼリーを用いる色素濃度測定法の有用性が示された。

③ β-カロチン含有グミゼリーを用いたグルコース濃度測定法の精度

β-カロチン含有グミゼリーの表面から溶出するグルコースの濃度と表面積増加量との間に強い相関関係(r=0.952)を呈する一次回帰式が得られ、グミゼリーの洗浄と攪拌等の各操作時間と水温を厳守することが、本測定法における良好な精度を得るための重要な条件であることが示された。

(2) 自動化に向けた色素濃度測定法の開発

① セミオートタイプの開発

試作したセミオートタイプの装置を用いた色素濃度の測定法において、グミゼリーの表面積増加量と受光部電圧との間に強い相関関係(r=0.986)が示され(図2)、本測定法の有用性が判明した。

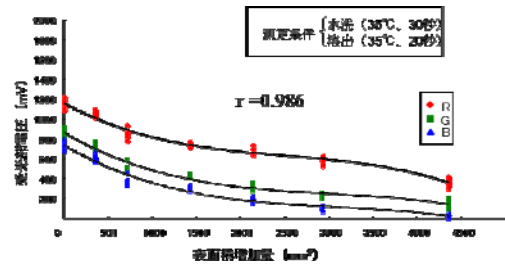


図2 表面積増加量と受光部電圧の関係

また、同一のβ-カロチン含有グミゼリーを用い、グルコース濃度測定法とセミオートタイプによる色素濃度測定法との間には、r=-0.945と強い相関関係が認められた(図3)

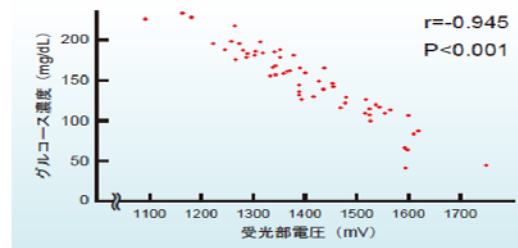


図3 色素測定法とグルコース法との比較

② フルオートタイプの装置と全自動測定法の開発

グミゼリーを咀嚼した咬断片をすべてガラスセル内に移した後、洗浄、攪拌、β-カロチンの溶出とその濃度測定をすべて自動化したフルオートタイプの装置を試作した(図4)。さらに、この装置を用いた色素濃度測定法において、緑色の波長のLEDを用いた場合、フォトダイオードにおける電圧(V)と、分割したグミゼリーの表面積増加量(mm²)との間に、強い相関関係(r=0.993)を有する二次回帰式が得られた(図5)。このことから、良好な測定精度を有する自動測定装置の有用性が確認された。

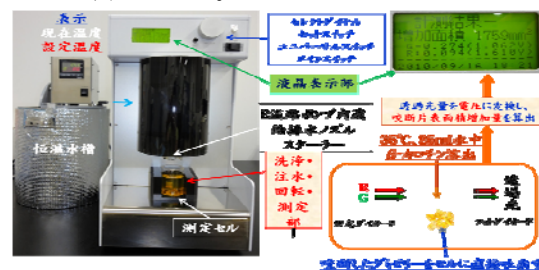


図4 開発したフルオートタイプ装置

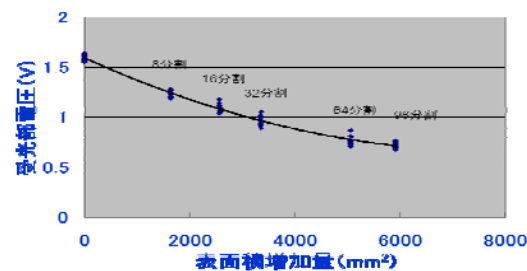


図5 フルオート装置による測定法の精度

(3) 咀嚼能力測定法を用いた様々な施設における疫学調査

① 自立した生活を営む高齢者の咀嚼能率

Eichner 分類の A1 (368 名)、A2 (225 名)、A3 (125 名)、B1 (150 名)、B2 (130 名)、B3 (75 名)、B4 (65 名)、C1 (32 名)、C2 (79 名)、C3 (39 名) と、咬合支持が減少するにつれて、咀嚼能率と最大咬合力はともに減少し、有意な関連がみられたが、唾液分泌速度については有意な関連はみられなかった。また、A1 に対して、C3 の咀嚼能率は 40%、咬合力は 38% を示した。また、最大咬合力は、B2 と B3 との間で、また咀嚼能率は、B3 と B4 との間で有意な差がみられた。すなわち、咬合支持が減少するにつれて、咀嚼能率は段階的に減少し、特に小臼歯部の咬合支持が咀嚼機能の維持に重要であることが示唆された。

② 義歯装着者の咀嚼能率に関する調査

義歯装着者の咀嚼能率に対して、性別、年齢、機能歯数及び咬合支持の有意な影響は認められなかったが、最大咬合力による強い影響が示された (図 6)。また、義歯の装着状況に関しては、部分床義歯や全部床義歯の装着者間においても、咀嚼能率に有意差は認められなかった (図 7)。さらに、歯の欠損数に関わらず、生体に適応した義歯の装着によって、機能的回復が期待され、有歯顎者の咀嚼能率に近づけられる可能性が示唆された。

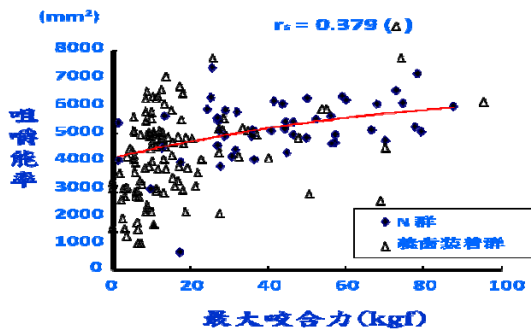


図 6 咀嚼能率と最大咬合力との関係

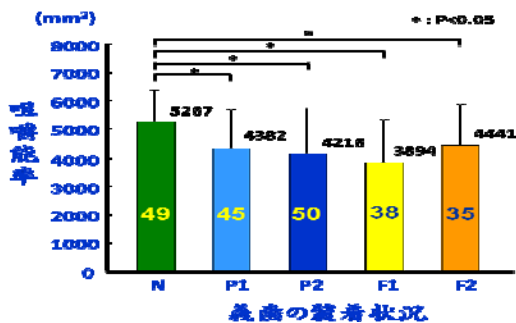


図 7 義歯の装着状況における咀嚼能率の比較 (N: 健常者、P: 部分床義歯、F: 全部床義歯)

③ 吹田研究における調査

都市部住民において、歯周病の進行と耐糖能障害との間に強い関連性が認められた。さらに、臼歯部における咬合支持域の減少と耐糖能障害との間にも関連が認められ、糖尿病

予防の立場からも、口腔内の炎症だけでなく口腔機能の低下を防止するための配慮の必要性が示唆された。

④ 管理栄養士の咀嚼機能評価の大学教育

グルコース濃度測定法は、水温と操作時間の違いによって測定者間で差が生じたものの、グミゼリーの咬断片の洗浄とグルコースの濃度測定に関する作業を訓練することによって、測定者間の差はみられなくなった。また、管理栄養士養成校の解剖生理学実験の授業内で咀嚼評価法を教育することは、咀嚼機能の重要性に対する理解が深まり、より広く社会への展開に向けて大いに期待できる可能性が示唆された。

⑤ 地域住民の食生活と咀嚼能率の関連

咀嚼能率の低い人ほど体脂肪率が有意に高く、BMI も高めの傾向にあることが確認された。また、咀嚼能率の低い人ほど有意に「魚類」が多く、「野菜類」の摂取が少なかった。これらのことから、咀嚼能率が低く肥満のリスクのある人への健康教育の方向性として、良く噛むことと食事内容や調理方法の重要性、その食スキルと継続的な栄養指導への必要性が示唆された。

⑥ 口腔腫瘍術後患者の咀嚼能力の回復度

咀嚼能率 (平均値) は、術後 1 ヶ月において、術前の 49% に低下していたものの、術後 3 ヶ月では 73%、術後 6 ヶ月では 78% と時間経過に伴って回復傾向を示し、術後 12 ヶ月では術前の 97% に達した。また、各評価時期における術後の咀嚼能率に対しては、下顎残存臼歯数と咬合支持は正の因子として、一方舌根部切除、頸部郭清、下顎骨切除、放射線療法は負の因子として影響していることから、口腔腫瘍術後患者のリハビリテーションにおける咀嚼能力測定法の有用性が示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① 野首孝祠、吉牟田陽子、野首文公子、検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率スコア法の考案、日本咀嚼学会誌、20:11-17、2010、査読有
- ② 野首文公子、吉牟田陽子、野首孝祠 (他 11 名)、一般歯科医院における義歯装着者の咀嚼能率に影響を及ぼす要因、日本咀嚼学会誌、20:18-25、2010、査読有
- ③ T. Nokubi、F. Nokubi、Y. Yoshimuta (他 3 名)、Measuring masticatory performance using a new device and b-carotene in test gummy jelly. Journal of Oral Rehabilitation、37: 820-826、2010、査読有

- ④ K. Ikebe, K. Matsuda, 5 番目(他 3 名)、Validation of the Eichner Index in relation to occlusal force and masticatory performance. International Journal of Prosthodont, 23:521-524, 2010, 査読有
- ⑤ K. Ikebe, T. Hazeyama(他 6 名)、Subjective values of different age groups regarding treatment for missing molars in Japan. (in press)Gerodontology, 2010, 査読有
- ⑥ 野首孝祠、野首文公子、吉牟田陽子(他 7 名)、一般歯科医院における患者の咀嚼能率に影響を及ぼす要因、日本咀嚼学会誌 19:10-19, 2009, 査読有
- ⑦ 野首孝祠、咀嚼能力検査、日本口腔検査学会雑誌, 2: 14-21, 2009, 査読有
- ⑧ 城下尚子、堀一浩、阪上穰、野首孝祠(14 番目)他 11 名、下顎・舌・口底腫瘍術後患者の嚥下能力の回復に影響を及ぼす因子、日本顎顔面補綴学会誌, 32 巻, 27-40, 2009, 査読有
- ⑨ 野首文公子、榎木香織、石田健(7 番目)他 4 名、検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率検査法、日本咀嚼学会誌, 18 巻, 69-71, 2008, 査読有
- ⑩ K. Ikebe, T. Hazeyama(4 番目)他 4 名、Association of symptomless TMJ sound with occlusal force and masticatory performance in older adults. Journal of Oral Rehabilitation, VOL35, 317-323 2008, 査読有
- ⑪ T. Ono(他 5 名)、Application of tongue pressure measurement to rehabilitation of dysphagic patients with prosthesis. Prosthodontic Research & Practice, VOL7, 240-242, 2008, 査読有
- [学会発表] (計 20 件)
- ① 野首孝祠、生体の情報を有効利用する義歯の製作と機能評価ーピエゾグラフィ下顎位置感覚、咀嚼能力評価を中心にー、平成 22 年度日本補綴歯科学会関越支部生涯学習公開セミナー、2010. 11. 21、新潟大学南駅キャンパスときめいと
- ② 野首孝祠、検査用グミゼリーにより咀嚼機能を簡便に数値化する方法、日本咀嚼学会第 21 回学術大会、2010. 10. 2、東京医科歯科大学
- ③ 野首文公子、検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率スコア法の信頼性に関する検討、日本咀嚼学会第 21 回学術大会、2010. 10. 2、東京医科歯科大学
- ④ 楠 智恵、咀嚼能率測定装置(セミオート型)に関する検討ー洗浄条件と受光部電圧との関係ー、日本咀嚼学会第 21 回学術大会、2010. 10. 2、東京医科歯科大学
- ⑤ 吉野佳織、メタボリックシンドローム予防教室参加者の生活状況と咀嚼能率の検討、日本咀嚼学会第 21 回学術大会、2010. 10. 2、東京医科歯科大学
- ⑥ 澤井明香、管理栄養士養成課程の学生教育における咀嚼機能評価法の導入に関する検討、日本咀嚼学会第 21 回学術大会、2010. 10. 2、東京医科歯科大学
- ⑦ T. Nokubi、Improvement in masticatory function of patients wearing complete dentures fabricated by application of Piezography. 8th SIPAF, 2010. 9. 26、Tsurumi University
- ⑧ 山本孝文、検査用グミゼリーによる咀嚼能率の機能歯評価値を関連性について、第 26 回兵庫歯科医学大会、2010. 7. 4、兵庫県歯科医師会館
- ⑨ 野首孝祠、検査用グミゼリーを用いた咀嚼能力検査法の一般歯科治療における実態と展望、第 2 回日本口腔検査学会総会、2009. 10. 4、広島大学
- ⑩ 池邊一典、全部床義歯装着患者における口腔感覚と咀嚼能率との関係、第 2 回日本口腔検査学会総会、2009. 10. 4、広島大学
- ⑪ 吉牟田陽子、一般歯科医院における検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率検査法との関係、第 2 回日本口腔検査学会総会、2009. 10. 4、広島大学
- ⑫ 池邊一典、高齢者の咬合支持(Eichner)分類と咬合力ならびに咀嚼能率との関係、日本咀嚼学会第 20 回記念学術大会、2009. 10. 3、博多歯科医師会館
- ⑬ 野首文公子、歯科医院における有床義歯装着者の咀嚼能率に影響を及ぼす要因、日本咀嚼学会第 20 回記念学術大会、2009. 10. 3、博多歯科医師会館
- ⑭ 吉牟田陽子、都市部一般住民における口腔健康と耐糖能との関係：吹田研究、日本咀嚼学会第 20 回記念学術大会、2009. 10. 3、博多歯科医師会館
- ⑮ 野首孝祠、咀嚼機能と歯の欠損・義歯装着およびQOLとの関係、特定非営利活動法人日本咀嚼学会第 9 回健康咀嚼指導士認定研修会、2009. 8. 29、東京歯科大学血脇記念ホール
- ⑯ 吉牟田陽子、歯科医院における有床義歯装着者の咀嚼能率に関する研究、第 20 回日本老年歯科医学会総会、2009. 6. 19、パシフィコ横浜
- ⑰ 野首孝祠、検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率検査法による歯科医療向上への支援、第 21 回日本歯科医学会総会、2008. 11. 15、パシフィコ横浜
- ⑱ 池邊一典、歳を取るとなぜ噛めなくなるのかー咀嚼能力と咬合、唾液、口腔感覚との関係ー、第 21 回日本歯科

医学会総会、2008. 11. 15、パシフィ
コ横浜

- ⑱ 野首孝祠、歯科診療室における検査
用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法
の実態、日本咀嚼学会第 19 回学術大
会、2008. 9. 27、早稲田大学
- ⑳ 野首孝祠、新しい咀嚼能率検査法の
自動測定化に向けた開発、日本補綴歯
科学会第 117 回学術大会、2008. 6. 7、名
古屋国際会議場

〔図書〕(計 2 件)

- ① 野首孝祠、南江堂、疾病と検査 (第 V 章
その他の臨床検査 歯・口腔系の検査)、
2010、288-299
- ② 小野高裕、大阪大学出版会、「咀嚼」
を多目的に科学する—口腔から全身
への広がり求めて—『生命歯科医
学のカッティング・エッジ』、2008、
199-211

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称：咀嚼能力測定装置

発明者：野首孝祠

権利者：大阪大学

種類：特許権

番号：2010-190603

出願年月日：2010. 8. 27

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野首 孝祠 (NOKUBI TAKASHI)

大阪大学・先端科学イノベーションセンター・特任
教授

研究者番号：80028753

(2) 連携研究者

赤川 安正 (AKAGAWA YASUMASA)

広島大学・医歯薬学総合研究科・教授

研究者番号：00127599

五十嵐 順正 (IGARASHI YOSHIMASA)

東京医科歯科大学・歯科学総合研究科・教
授

研究者番号：20107303

後藤 昌昭 (GOTHO MASAOKI)

佐賀大学・医学部・教授

研究者番号：10145211

田中 貴信 (TANAKA YOSHINOBU)

愛知学院大学・歯学部・教授

研究者番号：60014271

横山 敦郎 (YOKOYAMA ATUROU)

北海道大学・歯学研究科・教授

研究者番号：20210627

前田 芳信 (MAEDA YOSHINOBU)

大阪大学・歯学研究科・教授

研究者番号：10144510

小野 高裕 (ONO TAKAHIRO)

大阪大学・歯学研究科・准教授

研究者番号：30204241

池邊 一典 (IKEBE KAZUNORI)

大阪大学・歯学部附属病院・講師

研究者番号：70273696

黒柳 令子 (KUROYANAGI REIKO)

愛知学泉大学・家政学部・講師

研究者番号：20410590

澤井 明香 (SAWAI ASUKA)

千葉県立保健医療大学・健康科学部・助教

研究者番号：00454330

工藤 典代 (KUDOU NORIYO)

千葉県立保健医療大学・健康科学部・教授

研究者番号：50153309

吉野 香織 (YOSHINO KAORI)

帝塚山大学・現代生活学部食物栄養学科・
准教授

研究者番号：10410218

(3) 研究協力者

深水 皓三 (HUKAMIZU KOUZOU)

深水歯科医院・院長

横田 允宏 (YOKOTA MITUHIRO)

横田歯科医院・院長

吉田 実 (YOSHIDA MINORU)

吉田歯科医院・院長

野首 淑子 (NOKUBI YOSHIKO)

野首歯科医院・院長

山本 孝文 (YAMOTO TAKAHUMI)

山本歯科医院・院長

安井 栄 (YASUI SAKAE)

大阪大学・先端科学イノベーションセンター・特任研
究員

研究者番号：40294110

吉牟田 陽子 (YOSHIMUTA YOKO)

大阪大学・先端科学イノベーションセンター・特任研
究員

研究者番号：50403035

野首 文公子 (NOKUBI HUKUKO)

大阪大学・先端科学イノベーションセンター・特任研
究員

研究者番号：10550436

楠 智恵 (KUSUNOKI CHIE)

大阪大学・先端科学イノベーションセンター・特任研
究員

研究者番号：70600500