OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Advanced statistical analyses to reduce inconsistency of bond strength data
Author(s)	南野, 卓也; 峯, 篤史; 新谷, 歩 他
Citation	大阪大学歯学雑誌. 2018, 63(1), p. 5-7
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/71596
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

阪大歯学誌　63(1)：5 ～ 7，2018

Advanced statistical analyses to reduce inconsistency of bond strength data

南野　卓也[1)]，峯　篤史[1)]，新谷　歩[2)]，東　真未[1)]，
川口(上村)　明日香[1)]，壁谷　知茂[1)]，萩野　僚介[1)]，
今井　大[1)]，田尻　裕子[1)]，松本　真理子[3)]，矢谷　博文[1)]

(平成 30 年 8 月 22 日受付)

はじめに

接着材の性能検証や新規材料の開発を目的に，さまざまな方法による接着能評価試験が行われている。接着試験による接着強さの測定は基本的な試験であり，そのなかでも微小引張接着試験は感度が高く，1 歯から試料を多く作製することが可能であるという長所を有していることから[1)]，最も多く行われている。一方で，測定値にばらつきが大きいことが欠点として挙げられており，ばらつきに影響を及ぼす因子として，象牙質の部位[2)]，接着面積[3,4)]，レジンの物性[5)]などが過去に報告されている。しかしながら，これら種々の因子がどのような影響力をもって結果のばらつきに関与しているのかはこれまで明らかになっていなかった。そこで，象牙質接着強さに影響を与える因子の相互関係の解明を目的として，試験体内部の情報を具現化・数値化できる非破壊試験を応用し，微小引張接着試験の測定値に影響を及ぼす因子について統計学的に解析した。

接着試験試料

う蝕に罹患していない 10 本のヒト抜去大臼歯の歯冠部を歯軸に対して垂直に切断し，平坦な歯冠中央象牙質研磨面を得た。光重合型ボンディング材（クリアフィルボンド SE ONE，クラレノリタケデンタル）を塗布後，レジンコア材（クリアフィル DC コアオートミックス ONE，クラレノリタケデンタル）を築盛し，ダイヤモンドカッターにて 1 mm × 1 mm のビーム状の試料片を作製した。

各種パラメータと解析方法

接着強さに影響を及ぼす因子として，①気泡，②レジンの X 線吸収係数，③象牙質の X 線吸収係数，④象牙質の長さ，⑤接着面積，⑥歯の個体差を選定した。すべての試料片は，微小引張接着試験前に光干渉断層撮影法およびマイクロコンピュータ断層撮影法によって非破壊的に観察した。微小引張接着試験後，6 つの因子が接着強さに及ぼす影響を，一般線形モデル（歯の違いを考慮しない解析モデル），線形混合モデル（歯の個体差を考慮に入れた線形解析モデル），非線形回帰モデル（歯の個体差を考慮に入れた非線形解析モデル）により解析した。有意水準は 5%とした。以下に，各種パラメータの解析結果および考察をそれぞれ示す。

歯の個体差

一般線形モデルにより，歯の個体差（$P < 0.001$）が接着強さに有意な影響を及ぼすことが示された（表 1）。歯は加齢に伴ってミネラル含有量の増加，破壊靭性の低下，破壊抵抗性の減少が生じることが報告されており，これらの報告から歯の違いが接着試験結果に影響

1）大阪大学大学院歯学研究科　顎口腔機能再建学講座　クラウンブリッジ補綴学分野
2）大阪市立大学大学院医学研究科医療統計学
3）北海道大学大学院歯学研究院口腔健康科学講座歯科保存学教室

表1　各パラメータが接着強さに及ぼす影響
一般線形モデルによる統計解析の結果，象牙質の長さと歯の個体差に有意差を認めた。

	F value	P value
Length of dentin part（mm）	24.652	＜0.001
Individual differences of teeth	6.755	＜0.001
Presence of voids at interface（present/absent）	3.304	0.071
Size of adheision area（mm^2）	2.897	0.091
X-ray abosorption coefficient of resin（$mgHA/cm^3$）	2.768	0.098
X-ray abosorption coefficient of dentin（$mgHA/cm^3$）	0.013	0.911

を与えたと考えられる。無作為に抽出した抜去歯の中で違いがあることが明らかとなったことから，接着強さの解析の精度を上げるためには，歯の違いを考慮すべきである。

象牙質の長さ

非線形回帰モデルにより接着強さと象牙質の長さとの間に有意な正の相関を認めた（$P < 0.001$）が，有意な非線形性は認めなかった（$P = 0.157$）（図1）。象牙質の長さは接着界面から歯髄の距離を示す。歯髄に近づくほど象牙細管の数は増加し，径は大きくなるとともに，被着面における管間象牙質の占める割合が小さくなることから，部位の違いによる接着試験結果のばらつきは，象牙質の構造の変化が影響していると考えられる。

接着面積

非線形回帰モデルにより接着強さと接着面積との間に有意な負の相関を認め（$P < 0.001$），非線形性も認めた（$P < 0.001$）（図1）。接着面積が小さいほど接着強さが高くなることは，過去にも報告されている。その原因としては接着界面が広いと応力分布が複雑になり，ばらつきが増加するためであるとされている。本研究により，1 mm 四方に規定された試料内の小さな差でも接着面積は接着強さに有意な影響を与えることが明らかとなった。

気泡

線形混合モデルにより接着界面に気泡が存在する場合は，気泡が存在しない場合と比較して有意に接着強さが低下した（$P = 0.008$）。過去の研究においては，接着界面に存在する気泡は破断面に露出したもののみを確認するほかなかった。今回のように接着試験前に接着界面部の気泡を非破壊的に観察した研究，さらにそれらが接着試験結果に影響を与えることを示した研究はこれまでにない。

象牙質の X 線吸収係数

非線形回帰モデルにより接着強さと象牙質の X 線吸収係数との間に有意な正の相関を認め（$P = 0.022$），有意な非線形性を認めた（$P = 0.036$）（図1）。象牙質の X 線吸収係数は一般的にミネラルの密度を表すことから，象牙質の物性を図る数値として使用した。ミネラル密度は歯髄に近いほど低下し，また加齢により増加する。本研究において象牙質の X 線吸収係数を確認することにより，歯の物性が接着試験結果に及ぼす影響を定量的に示すことができた。

レジンの X 線吸収係数

非線形回帰モデルにより接着強さとレジンの X 線吸収係数との間に相関はなく（$P = 0.147$），有意な非線形性も認めなかった（$P = 0.089$）（図1）。これまで複数のレジンを用いて，レジンの物性が上がると接着強さが増加することが報告されている。本研究では1種類のレジンを使用したのみであるため，物性の変化はわずかであった。象牙質においては物性の差が接着試験に有意な影響を与えた一方で，レジンでは異なる結果となったことは興味深い。

本研究の意義

本研究より，接着強さと各種因子間の相関が明らかとなった。これらの結果は，接着試験前の試料片に対

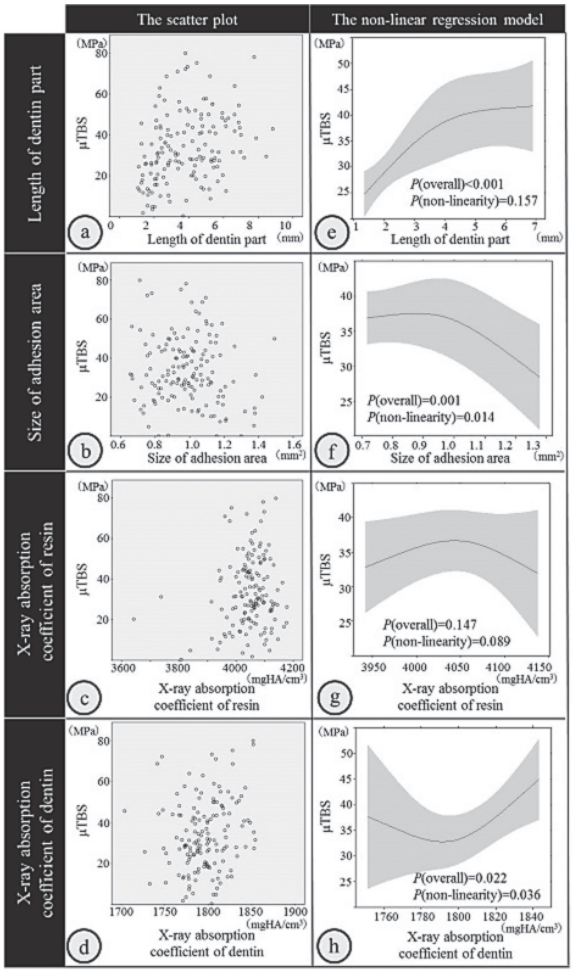

図1　歯の個体差を考慮に入れた非線形モデルによる統計解析

左に各パラメータのプロット図（a–e），右に非線形解析の結果（e–h）を示す。

する非破壊検査，および歯の個体差を考慮に入れた非線形性の統計解析手法を駆使することで得ることができた。今後，接着材の性能をより正確に評価するためには，歯の違いによる影響を調整した統計手法を用いることや接着試験のばらつきを少なくする方法を検討することが重要である。

謝辞

本研究の遂行にあたり，多大なる御協力と御助言を頂いた大阪大学大学院歯学研究科 クラウンブリッジ補綴学分野の教室員各位に厚く御礼申し上げます。また，大阪市立大学大学院医学研究科医療統計学の新谷歩教授には，統計の手法や考察の方法など細部にわたる御指導をいただきました。心より感謝いたします。

文献

1）Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J.（2010）: Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater,* 26, 2, e100–e121.

2）Ting S, Chowdhury AA, Pan F, Fu J, Sun J, Kakuda S, Hoshika S, Matsuda Y, Ikeda T, Nakaoki Y, Abe S, Yoshida Y, Sano H.（2015）: Effect of remaining dentin thickness on microtensile bond strength of current adhesive systems. *Dent Mater J,* 34, 2, 181–188.

3）Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV.（2010）: Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. *Dent Mater*, 26, 2, e78–93.

4）Burrow MF, Thomas D, Swain MV, Tyas MJ.（2004）: Analysis of tensile bond strengths using Weibull statistics. *Biomaterials,* 25, 20, 5031–5035.

5）Hasegawa T, Itoh K, Koike T, Yukitani W, Hisamitsu H, Wakumoto S, Fujishima A.（1999）: Effect of mechanical properties of resin composites on the efficacy of the dentin bonding system. *Oper Dent,* 24, 6, 323–330.