

歯の喪失リスク予測モデルの検討

研究分担者 古田 美智子 九州大学大学院歯学研究院口腔予防医学分野・准教授
二宮 利治 九州大学大学院医学研究院衛生・公衆衛生学分野・教授

研究要旨

我が国の約90%の高齢者が歯の喪失を経験しており、歯の喪失は国内に限らず世界的な公衆衛生上の大きな問題である。歯の喪失予防を目的とした公衆衛生対策として、そのリスク要因を特定することに加え、歯の喪失リスクが高い者に対する早期の予防的介入が考えられる。本研究では、歯の喪失リスクを把握するための予測モデルを検討することを目的にした。

40～79歳の久山町住民1,755人を対象とし、5年間の歯の喪失状況を評価したところ、2本以上の歯を喪失した者は24.1%であった。歯の喪失の予測因子として、年齢、喫煙、糖尿病、歯周治療経験、職業、少数歯の残存が挙げられた。これらのリスク要因をスコア化したモデルを検討した結果、予測精度が高く、さらに、う蝕や歯周病の状況を考慮したモデルでは予測精度がより高くなった。本研究で検討した予測モデルを用いることによって、歯の喪失リスクを数値化して容易に把握することが可能である。

研究協力者

竹下 徹 九州大学大学院歯学研究院口腔予防医学分野・教授

A. 研究目的

歯の喪失によって咀嚼機能などの口腔機能が低下し、低栄養、認知機能や身体機能の低下などの全身状態に影響することが分かっている[1]。う蝕や歯周病といった歯科疾患の罹患者は多いことから歯の喪失を経験する人が多い。歯の喪失は中年期から生じるが、2022年歯科疾患実態調査の結果では約90%の高齢者で1本以上の歯を喪失しており[2]、高齢期ではほとんどの者が歯を喪失している。最近報告されたレビュー論文では無歯顎者が世界的に減少していることが報告されているが[3]、未だに歯の喪失は世界的にも主要な公衆衛生問題である。歯の喪失予防を目的とした公衆衛生対策として、そのリスク要因を特定することに加え、歯の喪失リスクが高い者に対する早期の予防的介入が考えら

れる。

近年、機械学習による歯の喪失の予測モデルが提案されているが[4, 5]、歯の喪失リスクを容易に判定できるツールとなっておらず、地域の歯科保健事業などの現場で使用するのは困難である。そこで本研究では、歯の喪失リスクを簡易に把握するための予測モデルを検討することを目的にした。

B. 研究方法

1. 対象

福岡県久山町では生活習慣病の予防・早期発見を目的とした健診（生活習慣病予防健診）の一環として、集団形式による歯科健診を実施している。2007、2012年に40歳以上の全住民を対象とした歯科健診を実施した。

2007年の久山町の健診に参加した住民のうち、歯科健診を受診した40～79歳の者は2,665人（該当年齢の全住民の70.0%）であった。このうち、2012年の歯科健診に参加した住民は1,943人で、

追跡率は72.9%であった。

分析対象者は、2007、2012年の歯科健診に参加した者から欠損データのあった94人、2007年で現在歯1本以下であった94人を除外し、1,755人とした。

2. 方法

1) 口腔の健康状態

口腔の健康状態は、現在歯数、未処置う蝕、歯周組織状態を評価した。歯の喪失本数は、2012年から2007年の第三大臼歯を除いた現在歯数を減じて、5年間の歯の喪失本数を評価した。

歯周組織状態は、第3回米国全国健康・栄養調査（National Health and Nutrition Examination Survey III）の方法を参考にして、歯周ポケットの深さ（pocket depth, PD）と臨床アタッチメントレベルを第三大臼歯を除く全歯の頰側近心・中央を測定した。歯周病は、国際定義のほかに、PD ≥ 4 mmを1歯以上保有の定義を用いた。国際定義は2018年World Workshop on the classification of periodontal and peri-implant diseases and conditionsで提案された分類を用いた[6, 7]。歯周炎のステージ分類で、IIIとIVを区別する際に歯周炎による歯の喪失本数を評価するが、本研究では歯の喪失理由を検討していないため、現在歯数が20本未満をステージIVとした[7]。

2) 全身の健康状態

全身の健康状態は、肥満、糖尿病、高血圧を評価した。肥満については、身長と体重を測定し、body mass index（BMI）を求め、BMI ≥ 25.0 kg/m²を肥満と定義した。糖尿病は、空腹時血糖値 ≥ 126 mg/dl、あるいは75g経口糖負荷試験2時間値 ≥ 200 mg/dl、また糖尿病の治療を受けている場合とした。血圧は5分以上の間隔を設けて3回測定し、平均値を用いた。収縮期血圧 ≥ 140 mmHg、あるいは拡張期血圧 ≥ 90 mmHg、また高血圧の治療を受けている場合を高血圧と判定した。

3) 健康行動と職業

質問票にて、歯磨き回数、歯科受診状況、歯周病治療経験、喫煙、職業を評価した。歯磨き回数は「 ≤ 1 回/日」・「 ≥ 2 回/日」に分け、歯科受診状況は、年に1回以上定期的に歯科医院を受診している場合を「定期歯科受診あり」とし、歯周病の治療を受けたことがある場合を「歯周病治療経験あり」とした。喫煙は、「現在喫煙」・「過去喫煙/非喫煙」に分け、職業は2008年の国際標準職業分類をもとに、分布を考慮して「無職」・「事務」・「その他」に分けた。

3. 統計解析

5年間の喪失歯数 ≥ 2 本をアウトカムにし、ロジスティック回帰モデルで予測因子との関連性を検討した。歯の喪失リスク予測モデルは、ロジスティック回帰分析の変数減少法（ $p < 0.20$ ）に基づいて構築した。予測モデルは、う蝕や歯周病の歯科健診結果がない場合のモデルと歯科健診結果がある場合のモデルを作成した。歯科健診結果がない場合のモデルでは、年齢、性別、歯磨き回数、定期歯科受診、歯周病治療経験、現在歯数、現在喫煙、糖尿病、肥満、高血圧、職業を予測因子として投入し、変数減少法で最終モデルを決定した。歯科健診結果がある場合のモデルでは、上記の因子に加えて未処置う蝕、歯周病ステージ分類またはPD ≥ 4 mmを1歯以上保有を投入した。また、ベースラインで28歯以上保有者において、5年間の喪失歯数 ≥ 1 本をアウトカムにし、予測モデルを検討した。

変数減少法で選択された要因で予測モデルを構築した後は、Sullivan et al. [8]の方法を参考にして簡易リスクスコアを算出した。モデルの判別能はc統計量で評価し、較正はHosmer-Lemeshow（HL）検定で検証した。

（倫理面への配慮）

本研究は九州大学医系地区部局観察研究倫理審査委員会の承認を得た（承認番号23092-00）。

C. 研究結果

1. 全対象者における5年間の喪失歯数 ≥2歯の予測

対象者 (1,755人) のうち、5年間歯を喪失しなかった者は983人 (56.0%)、1歯喪失した者は349人 (19.9%)、≥2歯喪失した者は423人 (24.1%)であった (図1)。歯の喪失≥2歯に関連していた要因は、年齢、性別、歯周病治療経験、現在歯数、糖尿病、高血圧、職業だった (表1)。

歯の喪失リスク予測モデルは、う蝕や歯周病の歯科健診結果がない場合のモデルと歯科健診結果がある場合のモデルを検討した。ロジスティック回帰分析の変数減少法を用いて、歯科健診結果がない場合の予測モデルを検討したところ、年齢、現在喫煙、糖尿病、歯周病治療経験、現在歯数、職業が予測因子として選択された (表2)。c統計量は0.743で判別能は良好であった。予測モデルをもとに、簡易スコアを算出し (表3)、簡易スコアの合計点による予測発症割合を検討した結果、スコアが0点であると5年後に歯を≥2歯喪失する確率は2.5%、スコアが5点は8.4%、10点は24.8%、最大の19点では76.6%と予測された (図2)。簡易スコアモデルにおける較正は、HL検定で $p=0.103$ と良好であった (図3)。

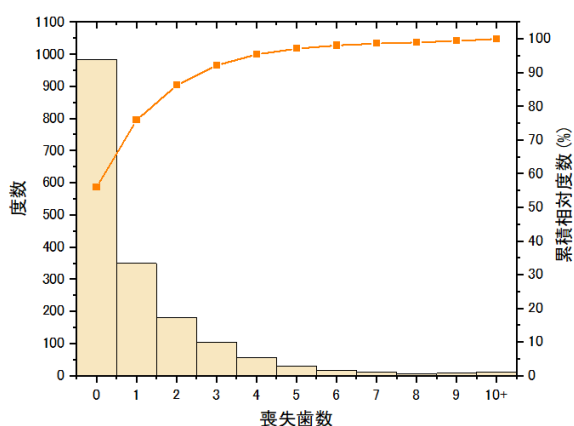


図1. 5年間の歯の喪失状況

表 1. 歯の喪失≥2歯と各予測因子の関連性

	n	歯の喪失者の割合 (%)	Crude OR (95%CI)
年齢			1
40-49	313	10.2	
50-59	564	18.3	1.96 (1.28-3.00)
60-69	547	27.6	3.35 (2.22-5.05)
70-79	331	41.4	6.20 (4.05-9.49)
性別			1
男性	778	27.8	
女性	977	21.2	0.70 (0.56-0.87)
歯みがき回数			1
≤1回	558	25.6	
≥2回	1197	23.4	0.89 (0.70-1.12)
定期歯科受診			1
あり	484	25.2	
なし	1271	23.7	0.92 (0.72-1.17)
歯周病治療経験			1
なし/不明	1219	19.5	
あり	536	34.5	2.17 (1.73-2.73)
現在歯数			1
28歯	408	5.9	
20-27歯	1067	24.5	5.18 (3.35-8.00)
≤19歯	280	49.3	15.5 (9.67-24.97)
現在喫煙			1
なし	1415	23.2	
あり	340	27.9	1.29 (0.98-1.68)
糖尿病			1
なし	1496	22.3	
あり	259	34.8	1.86 (1.40-2.47)
肥満			1
なし	1276	23.4	
あり	479	26.1	1.16 (0.91-1.48)
高血圧			1
なし	1002	20.8	
あり	753	28.9	1.53 (1.23-1.90)
職業			1
主婦、無職	872	24.4	
事務職	446	19.3	0.74 (0.56-0.98)
その他	437	28.4	1.23 (0.95-1.59)

表 2. 歯科健診結果がない場合の予測モデル

	β	OR (95%CI)
年齢 (vs. 40-49)		
50-59	0.43	1.54 (0.99-2.39)
60-69	0.82	2.27 (1.46-3.54)
70-79	1.23	3.42 (2.12-5.54)
現在喫煙 (vs. なし)		
あり	0.38	1.46 (1.08-1.98)
糖尿病 (vs. なし)		
あり	0.26	1.29 (0.95-1.76)
歯周病治療経験 (vs. なし)		
あり	0.52	1.69 (1.32-2.15)
現在歯数 (vs. 28歯)		
20-27	1.42	4.14 (2.66-6.45)
≤19	2.23	9.30 (5.64-15.34)
職業 (vs. 無職・主婦)		
事務職	0.27	1.31 (0.94-1.84)
その他	0.31	1.36 (1.02-1.82)
C statistics	0.743	

表 3. 歯科健診結果がない場合の簡易スコアモデル

予測因子	簡易スコア	
年齢	40-49 歳	0
	50-59 歳	2
	60-69 歳	3
	70-79 歳	5
現在喫煙	なし	0
	あり	1
糖尿病	なし	0
	あり	1
歯周治療経験	なし	0
	あり	2
現在歯数	≥28 歯	0
	20-27 歯	6
	≤19 歯	9
職業	無職、主婦	0
	事務職	1
	その他	1

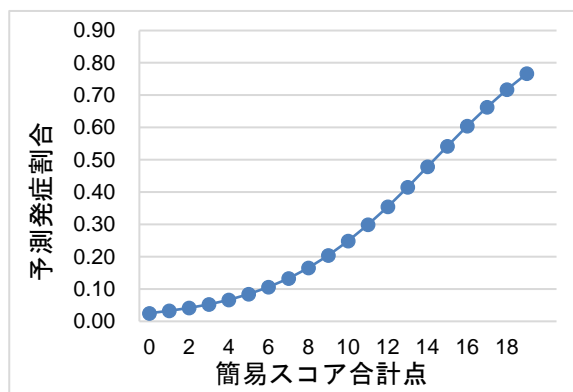


図2. 歯科健診結果がない場合の簡易スコアモデルにおける簡易スコア合計点による予測発症割合

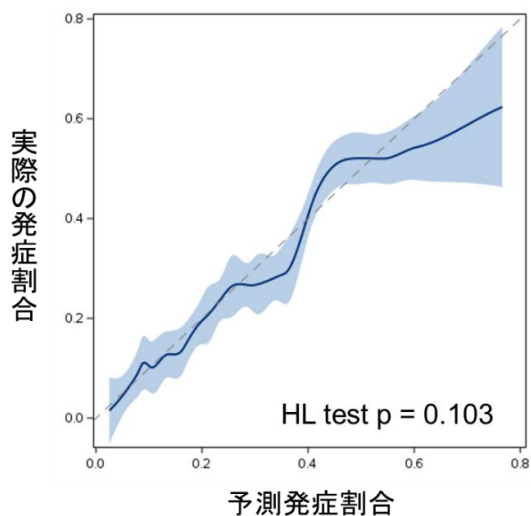


図3. 歯科健診結果がない場合の簡易スコアモデルにおけるcalibration plot

歯科健診結果がある場合の予測モデルでは、未処置う蝕と歯周病が予測因子として選択された。歯周病の定義として、歯周病ステージ分類と歯周ポケット≥4mmを≥1歯保有の2種類を用いた。歯周病ステージを含めた予測モデルではc統計量が0.800（表4）と判別能は良好であり、簡易スコアモデルでの校正はHL検定がp=0.115で良好であった（表5、図4、5）。歯周病の定義として、歯周ポケット≥4mmを≥1歯保有を用いた予測モデルにおいても、c統計量は0.796で判別能は良好であり、簡易スコアモデルではHL検定がp=0.670で校正が良好であった（表6、7、図6、7）。

表 4. 歯科健診結果がある場合の予測モデル（歯周病ステージ）

	β	OR (95%CI)
年齢 (vs. 40-49)		
50-59	0.40	1.50 (0.95-2.37)
60-69	0.68	1.97 (1.24-3.13)
70-79	1.17	3.24 (1.97-5.33)
歯周治療経験 (vs. なし)		
あり	0.46	1.58 (1.22-2.06)
現在歯数 (vs. 28 歯)		
20-27	1.33	3.80 (2.41-5.99)
≤19	2.01	7.49 (4.07-13.78)
未処置う蝕 (vs. 0 歯)		
≥1 歯	0.71	2.03 (1.56-2.64)
歯周病ステージ (vs. 歯周病なし、I/II)		
III	1.37	3.93 (2.94-5.24)
IV	1.33	3.79 (2.26-6.36)
職業 (vs. 無職・主婦)		
事務職	0.27	1.31 (0.92-1.87)
その他	0.24	1.28 (0.95-1.73)
C statistics		0.800

表 5. 歯科健診結果がある場合の簡易スコアモデル (歯周病ステージ)

予測因子	簡易スコア	
年齢	40-49 歳	0
	50-59 歳	2
	60-69 歳	3
	70-79 歳	5
歯周治療経験	なし	0
	あり	2
現在歯数	≥28 歯	0
	20-27 歯	5
	≤19 歯	8
未処置う蝕	0 歯	0
	≥1 歯	3
歯周病ステージ	歯周病なし、I/II	0
	ステージ III	6
	ステージ IV	5
	職業	
職業	無職、主婦	0
	事務職	1
	その他	1

表 6. 歯科健診結果がある場合の予測モデル (歯周ポケット≥4mm 歯数)

	β	OR (95%CI)
年齢 (vs. 40-49)		
50-59	0.48	1.61 (1.02-2.54)
60-69	0.75	2.12 (1.34-3.35)
70-79	1.19	3.28 (2.00-5.37)
歯周治療経験 (vs. なし)		
あり	0.49	1.62 (1.26-2.10)
現在歯数 (vs. 28 歯)		
20-27	1.28	3.60 (2.29-5.67)
≤19	2.05	7.78 (4.66-12.98)
未処置う蝕 (vs. 0 歯)		
≥1 歯	0.68	1.98 (1.52-2.57)
歯周ポケット≥4mm 歯数 (vs. 0 歯)		
≥1 歯	1.30	3.69 (2.83-4.81)
職業 (vs. 無職・主婦)		
事務職	0.32	1.38 (0.98-1.96)
その他	0.29	1.34 (0.99-1.80)

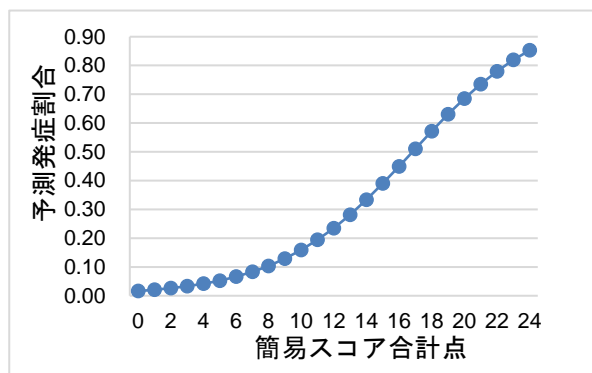


図4. 歯科健診結果がある場合の簡易スコアモデル (歯周病ステージ) における簡易スコア合計点による予測発症割合

C statistics 0.796

表 7. 歯科健診結果がある場合の簡易スコアモデル (歯周ポケット≥4mm 歯数)

予測因子	簡易スコア	
年齢	40-49 歳	0
	50-59 歳	2
	60-69 歳	3
	70-79 歳	4
歯周治療経験	なし	0
	あり	2
現在歯数	≥28 歯	0
	20-27 歯	4
	≤19 歯	7
未処置う蝕	0 歯	0
	≥1 歯	2
歯周ポケット≥4mm 歯数	0 歯	0
	≥1 歯	4
職業	無職、主婦	0
	事務職	1
	その他	1

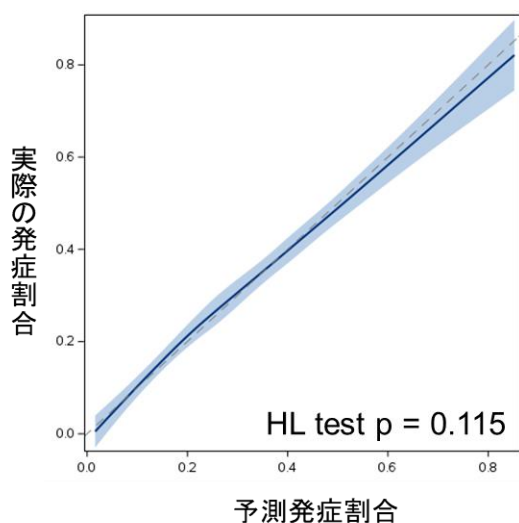


図5. 歯科健診結果がある場合の簡易スコアモデル (歯周病ステージ) におけるcalibration plot

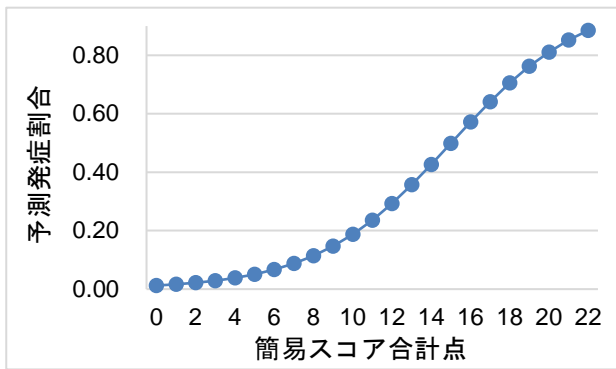


図6. 歯科健診結果がある場合の簡易スコアモデル（歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数）における簡易スコア合計点による予測発症割合

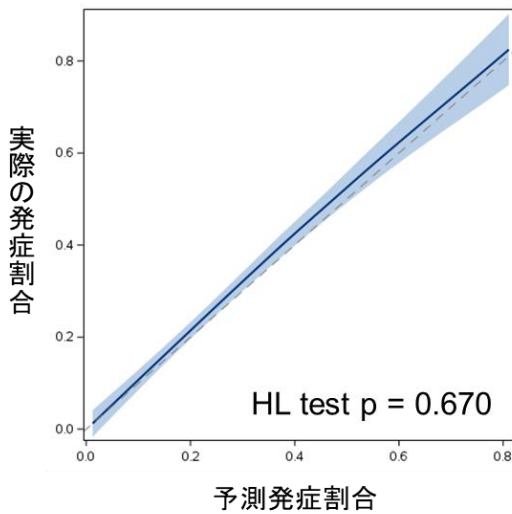


図7. 歯科健診結果がある場合の簡易スコアモデル（歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数）におけるcalibration plot

2. 現在歯28本以上の者における5年間の喪失歯数 ≥ 1 歯の予測

歯の喪失経験がない者における歯の喪失予測を検討するために、現在歯28本以上の者における5年間の喪失歯数 ≥ 1 歯の予測モデルを評価した。現在歯28本以上の者（568人）では、5年間で歯の喪失が ≥ 1 歯だった者は137人（24.1%）であった。

歯科健診結果がない場合の予測モデルでは、年齢、性別、定期歯科受診が予測因子として選択されたが、c統計量は0.670で判別能はやや劣っている（表8）。簡易スコアの最大合計点は6点となり、その最大スコアでは5年間で歯の喪失の発生予測確率は60.6%であった（表9、図8）。簡易スコアモデルではHL検定が $p = 0.948$ で較正は良好であった（図9）。

歯科健診結果がある場合の予測モデルでは、年齢、定期歯科受診、未処置う蝕、歯周病が予測因子として選択された。歯周病ステージを含めた予測モデルではc統計量が0.734（表10）と判別能は良好であった。簡易スコアの最大合計点は6点となり、その最大スコアでは5年間で歯の喪失予測確率は79.6%であった（表11、図10）。簡易スコアモデルでの較正はHL検定が $p = 0.854$ で良好であった（図11）。歯周病の定義として、歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ を ≥ 1 歯保有を用いた予測モデルにおいて、c統計量は0.729で判別能は良好であり、簡易スコアモデルではHL検定が $p = 0.692$ で較正が良好であった（表12、13、図12、13）。

表8. 歯科健診結果がない場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の予測モデル

	β	OR (95%CI)
年齢 (vs. 40-49)		
50-59	0.66	1.93 (1.11-3.36)
60-69	1.15	3.18 (1.78-5.67)
70-79	1.75	5.73 (2.49-13.18)
性別 (vs. 女性)		
男性	0.45	1.56 (1.04-2.34)
定期歯科受診 (vs. なし)		
あり	0.50	1.64 (1.06-2.54)
C statistics		0.670

表 9. 歯科健診結果がない場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデル

予測因子	簡易スコア	
年齢	40-49 歳	
	50-59 歳	1
	60-69 歳	3
	70-79 歳	4
性別	女性	0
	男性	1
定期歯科受診	なし	0
	あり	1

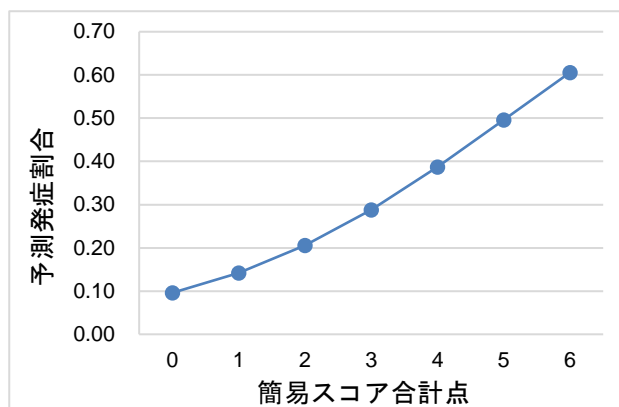


図8. 歯科健診結果がない場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデルにおける簡易スコア合計点による予測発症割合

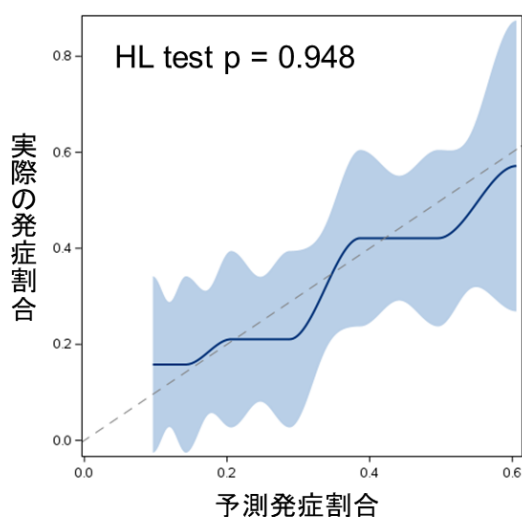


図9. 歯科健診結果がない場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデルにおけるcalibration plot

表 10. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の予測モデル (歯周病ステージ)

	β	OR (95%CI)
年齢 (vs. 40-49)		
50-59	0.59	1.80 (1.01-3.20)
60-69	1.08	2.95 (1.62-5.37)
70-79	1.55	4.74 (2.00-11.17)
定期歯科受診 (vs. なし)		
あり	0.64	1.90 (1.20-3.01)
未処置う蝕 (vs. 0 歯)		
≥ 1 歯	0.69	1.99 (1.28-3.11)
歯周病ステージ (vs. 歯周病なし、I/II)		
III, IV	1.27	3.57 (2.24-5.70)

C statistics 0.734

表 11. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデル (歯周病ステージ)

予測因子	簡易スコア	
年齢	40-49 歳	
	50-59 歳	1
	60-69 歳	2
	70-79 歳	2
定期歯科受診	なし	0
	あり	1
未処置う蝕	0 歯	0
	≥ 1 歯	1
歯周病ステージ	歯周病なし、I/II	0
	ステージ III/IV	2

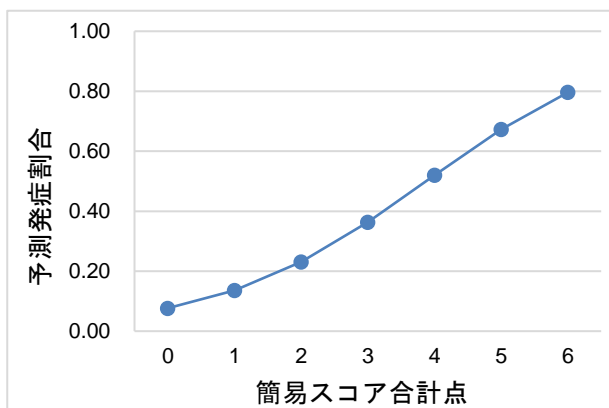


図10. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデル (歯周病ステージ)における簡易スコア合計点による予測発症割合

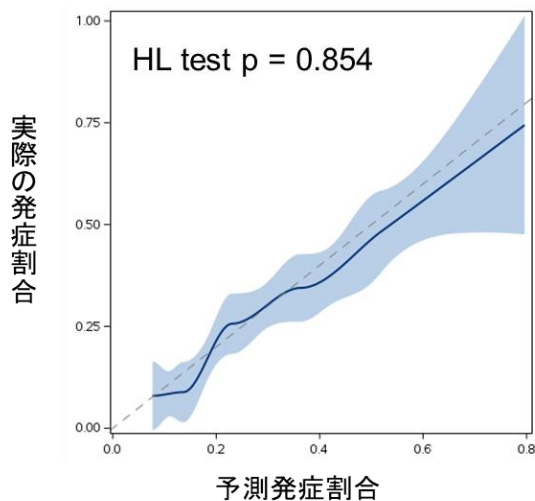


図11. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデル（歯周病ステージ）における calibration plot

表 12. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の予測モデル（歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数）

	β	OR (95% CI)
年齢 (vs. 40-49)		
50-59	0.63	1.87 (1.06-3.32)
60-69	1.32	3.10 (1.71-5.64)
70-79	1.48	4.41 (1.88-10.38)
定期歯科受診 (vs. なし)		
あり	0.64	1.89 (1.20-2.98)
未処置う蝕 (vs. 0 歯)		
≥ 1 歯	0.7	2.01 (1.29-3.13)
歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数 (vs. 0 歯)		
≥ 1 歯	1.04	2.83 (1.87-4.28)
C statistics		0.729

表 13. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデル（歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数）

予測因子	簡易スコア
年齢	
40-49 歳	
50-59 歳	1
60-69 歳	2
70-79 歳	2
定期歯科受診	
なし	0
あり	1
未処置う蝕	
0 歯	0
≥ 1 歯	1
歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数	
0 歯	0
≥ 1 歯	2

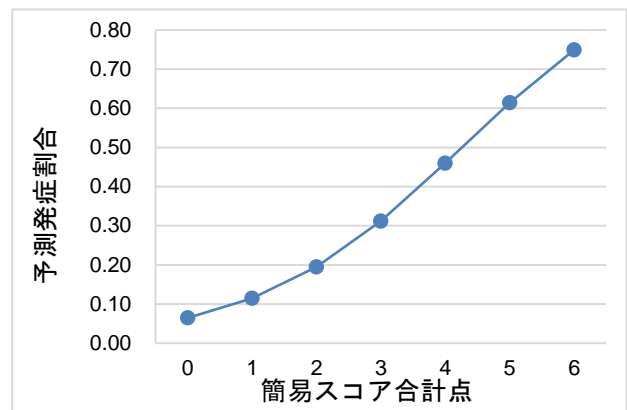


図12. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデル（歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数）における簡易スコア合計点による予測発症割合

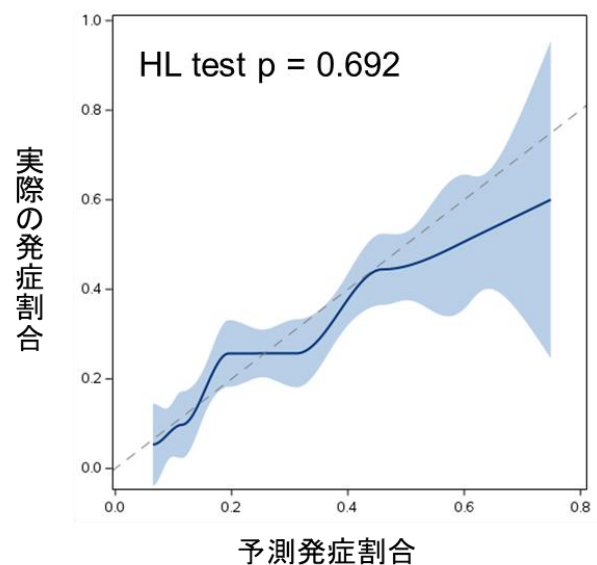


図13. 歯科健診結果がある場合の歯の喪失 ≥ 1 本発症の簡易スコアモデル（歯周ポケット $\geq 4\text{mm}$ 歯数）における calibration plot

D. 考 察

歯の喪失リスクを把握するための予測モデルを検討した結果、歯科健診結果がない場合は、年齢、喫煙、糖尿病、歯周治療経験、職業、少数歯の残存が予測因子として選択され、歯科健診結果がある場合は、未処置う蝕や歯周病が予測因子として選択された。予測モデルをもとに、簡易スコアを算出した結果、簡易スコアモデルの判別能や較正は良好であり、5年間での喪失歯数 ≥ 2 歯の予測モデルは有用であると考えられる。

歯の喪失予測モデルを検討した先行研究の結

果では、年齢、性別、喫煙、糖尿病、歯周病、現在歯数を予測因子として用いていたが、そのモデルの予測精度が低かった[9]。モデルに用いられていた予測因子は本研究と似ていたが、先行研究の対象者は歯科医院で歯周病治療を受けている患者であった。本研究は一般の地域住民を対象にしており、先行研究と対象者の特性が異なっている。対象集団の違いによって予測精度が異なる可能性があるため、今後は予測モデルの外的妥当性を検証する必要がある。

現在歯28本以上の者における喪失歯数 ≥ 1 歯の予測については、歯科健診結果がある場合の簡易スコアモデルの判別能が良好であったが、歯科健診結果がない場合では判別能がやや劣っていた。また、予測因子として、定期歯科受診が選択され、定期歯科受診があると歯の喪失リスクが高いとの傾向があった。定期的に歯科医院を受診していると、歯の喪失リスクは低いとの報告があり[10]、本研究の結果とは異なる。本研究では現在歯28本以上の者を対象にしているが、歯の喪失を経験していない対象集団においては、歯周病が悪化している人が定期受診をしており、定期的に受診していても歯周病が悪化して抜歯となったことが考えられる。

E. 結論

歯の喪失リスク予測モデルを検討したところ、簡易スコアで歯の喪失を予測することができ、その予測能は良好であった。この簡易スコアを用いることによって、医科・歯科健診や質問票で得られる情報から歯の喪失リスクを容易に把握できる。歯の喪失リスクが高い人を同定し、早期に予防的介入を実施することは、歯の喪失の予防に有用であると考えられる。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

特になし

2. 学会発表

特になし

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む。)

1. 特許取得

特になし

2. 実用新案登録

特になし

3. その他

特になし

<文献>

1. Tsakos G, Watt RG, Rouxel PL, de Oliveira C, Demakakos P. Tooth loss associated with physical and cognitive decline in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2015;63(1):91-9.
2. 厚生労働省: 令和 4 年歯科疾患実態調査. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/62-17.html>
3. Kassebaum NJ, Bernabe E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJ, Marcenes W. Global Burden of Severe Tooth Loss: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res.* 2014;93(7 Suppl):20s-8s.
4. Cooray U, Watt RG, Tsakos G, Heilmann A, Hariyama M, Yamamoto T, et al. Importance of socioeconomic factors in predicting tooth loss among older adults in Japan: Evidence from a machine learning analysis. *Soc Sci Med.* 2021;291:114486.
5. Krois J, Graetz C, Holtfreter B, Brinkmann P, Kocher T, Schwendicke F. Evaluating Modeling and Validation Strategies for Tooth Loss. *J Dent Res.* 2019;98(10):1088-95.
6. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol.* 2018;89 Suppl 1:S173-s82.

7. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Periodontol.* 2018;89 Suppl 1:S159-s72.
8. Sullivan LM, Massaro JM, D'Agostino RB, Sr. Presentation of multivariate data for clinical use: The Framingham Study risk score functions. *Stat Med.* 2004;23(10):1631-60.
9. Schwendicke F, Arsiwala LT, Krois J, Bäumer A, Pretzl B, Eickholz P, et al. Association, prediction, generalizability: Cross-center validity of predicting tooth loss in periodontitis patients. *J Dent.* 2021;109:103662.
10. Furuta M, Takeuchi K, Takeshita T, Shibata Y, Suma S, Kageyama S, et al. 10-year trend of tooth loss and associated factors in a Japanese population-based longitudinal study. *BMJ Open.* 2021;11(8):e048114.