

计算机图像分析应用于单颗牙齿推断个体年龄方程的研究^{*}

徐小虎 祝家镇

(法医病理学教研室)

提 要 应用多重逐步回归对842颗成人牙齿结构变化测量法, 分级法和对数转换数据进行分析研究, 从而推导出利用单颗牙齿推断年龄方程, 根据适用范围和牙齿类型的不同, 从实验组得到的方程推断年龄的估计标准误分别为2.4~5.6岁, 各方程测试于考核组标本时, 估计的标准误分别为1.9~5.4岁, 提高了利用单颗牙齿推断年龄的准确性和可靠性, 对数转换对提高年龄复相关系数和减少推断年龄的估计的标准误有显著意义。

关键词 计算机图像分析; 分级法; 对数转换; 利用牙齿推断年龄; 中国人牙齿; 多重逐步回归分析

中图分类号 D919.6

利用牙齿推断个体年龄的方法多种多样, 各方法要求的条件也各不相同^[1~6], 有的方法较为简便, 但对检材的要求却较高, 需要同口多颗牙齿一并进行检查^[6], 因此各方法有各自的适用范围, 作为法医学等实际鉴定工作, 需要各种实用有效的推断年龄的方法, 以满足不同场合的特殊要求, 本文继详细分析研究各种牙齿结构变化与年龄的相关程度和指标之间的相互关系后, 根据所得的各种变量数据, 分析推导出了多个利用牙齿推断年龄的方程, 这些方程满足了各种不同检材条件和场合的要求, 扩大了适用范围, 而且, 绝大部份的方程经过考核组盲测标本测试了误差情况, 保证了各方程用于推断年龄的可靠性。

材 料 与 方 法

标本来源

用于本研究的牙齿标本均取自香港大学口腔生物中心牙库, 共得到人体牙齿 842 颗(表 1), 所有标本来自菲腊牙科医院 541 位就诊病人, 均为中国人(香港地区), 男性 246 人, 女性 295 人, 标本来源的个体年龄范围为 13~84 岁, 所有牙齿均有储存于电子计算机

表 1 按牙齿型分组的标本例数

牙齿类别	年龄(岁)组	实验组	考核组
切牙和尖牙	LE50	44	*
切牙和尖牙	G50	84	21
前磨牙	LE45	43	11
前磨牙	G45	145	36
第一、二磨牙	LE45	44	10
第一、二磨牙	G45	71	18
第三磨牙	13—30	132	37
第三磨牙	—40	67	11
第三磨牙	—75	54	14

LE: 小于和等于, G: 大于, * 该标本数相对较少, 未设考核组

的有关性别年龄等背景资料。

标本处理和检测

首先进行各牙齿标本的外表检查, 用 Kontron 电子计算机图像分析仪直接测量牙周软组织从牙颈部向根部退缩的实际距离, 单位为 mm, 并用分级法^[7]判定牙磨耗度和牙周软组织从牙颈部向根部退缩的程度。

所有牙齿均用切牙机从牙齿中央部纵向切取约 250~400 μm 厚度的切片(以获得最大的截面积和暴露牙髓腔)。各牙齿切片用解剖显微镜(16~20 倍)判定继发牙本质, 牙根透明度, 牙骨质, 牙根吸收改变的程度^[7], 各牙

* 本研究系北京—香港学术交流中心科研基金和香港大学副校长基金资助项目

齿切片用上述电子计算机图像分析仪进行各形态学参数见表2的测量(长度为mm,面积以 mm^2)为单位。

表2 图像分析仪测量的牙齿切片形态学参数变量

1. WC (area of crown) 牙冠面积
2. P (area of pulp cavity) 髓腔面积
3. E (area of enamel) 牙釉质面积
4. CP (area of crown pulp) 冠髓面积
5. CD (area of crown dentin) 冠牙本质面积
6. CCP (area of pulp chamber) 髓室面积
7. S2 (area of secondary dentin) 继发牙本质面积
8. T2 (area of root translucency) 牙根透明区面积
9. C2 (area of cementum) 牙骨质面积
10. R2 (length of root resorption area) 牙根吸收区直径
11. TP2 (distance between tooth neck and periodontal attachment) 牙颈线至牙周软组织附着线距离
12. NPL (length of pulp in tooth neck) 牙颈线处牙髓宽度
13. WNL (Length of tooth neck) 牙颈横径

数据处理

检查所得数据均输入电子计算机数据库软件(dBASE IV)^[8],建立相应的字段以便对数据进行计算和转换处理,先把各字段中的数据按数理统计的原理均转换成大于0和小于10的范围内,以便继而进行对数转换: $x' = \text{Log}(x+1)$,经数据转换后所得到的各变量见表3。

利用香港大学菲腊医院的计算机网络系统取得有关标本的年龄和性别来源等信息,添设相应的字段。此外,运行电子计算机SPSS系统^[9]进行多重相关分析和多重逐步回归分析。所有的推断年龄方程以 $P < 0.05$ 设定。推导出的方程试验于考核组标本。

结 果

多重相关分析结果

经电子计算机进行多重相关分析,与年龄

表3 用于多重逐步回归等分析的变量*

- | | |
|----------------------------------|--------|
| 1. Sex 性别(男=1,女=0) | |
| 2. A 牙磨耗度分级 | A' |
| 3. TP 牙周软组织退缩分级 | TP' |
| 4. S 继发牙本质分级 | S' |
| 5. T 牙根透明度分级 | T' |
| 6. C 牙骨质分级 | C' |
| 7. R 根尖吸收度分级 | R' |
| 8. TI(E+CP)/CD $\times 100$ 牙冠指数 | TI' |
| 9. ECD (E/CD)釉冠牙本质指数 | ECD' |
| 10. EWC (E/WC) 釉冠指数 | EWC' |
| 11. EP (E+P) 釉质牙髓腔和 | EP' |
| 12. EPCD (EP/CD) 釉质牙髓腔和冠本质指数 | EPCD' |
| 13. EPWC (EP/WC) 釉质牙髓腔和冠指数 | EPWC' |
| 14. WCWNL (WC/WNL) 冠颈指数 | WCWNL' |
| 15. EPWNL (EP/WNL) 釉质牙髓腔和颈指数 | EPWNL' |
| 16. PWNL (P/WNL) 牙髓腔颈指数 | PWNL' |
| 17. EWNL (E/WNL) 釉质颈指数 | EWNL' |
| 18. TCI = (E+CCP)/CD 冠室指数 | TCI' |
| | S2' |
| | T2' |
| | C2' |
| | TP2' |
| | P' |
| | CP' |
| | CCP' |

* 1.所有列于表2的变量也均用于多重回归分析

2.“I”栏中用“'”符号表示该变量为对数转换的变量

相关性较高的分级法或测量法指标分别列于表4和表5。

各种推断年龄的方法相互比较

通过电子计算机对所有数据的多重逐步回归分析,分别对综合(各类)法,分级法,测量法各种推断年龄的方法进行相互比较。结果表明,综合法估计的标准误最小,优于其它方法,对数转换对提高与个体年龄的复相关系数和减少估计的标准误有显著意义,结合对数转

表4 与年龄相关性较高的分级法指标

切牙和类牙	前磨牙	磨牙
T'(0.24)	A'(0.56)	TP(0.76)
T(0.24)	T'(0.54)	A'(0.66)
S'(0.39)	A(0.53)	S'(0.65)

表5 与个体年龄相关性较高的测量法指标

切牙与尖牙类	前磨牙类	磨牙类
T2'(0.35)	CCP'(-0.54)	TP2(0.75)
T2(0.32)	E'(-0.54)	S2'(0.70)
	EP'(-0.54)	EPWNL'(-0.65)
	P'(-0.53)	PWNL'(-0.64)

换的测量法优于分级法,而当无对数转换时,分级法却略优于测量法(表6)。

表6 各类方法推断年龄误差情况比较

方 法	LE15岁			G45岁		
	R	Sy.x	n	R	Sy.x	n
测 量 法	0.52	6.6	409	0.23	6.2	133
(加对数转换)	0.76	5.0	409	0.47	5.7	433
分 级 法	0.70	5.5	409	0.40	5.9	433
(加对数转换)	0.74	5.2	409	0.41	5.9	433
综 合 法	0.78	4.8	409	0.51	5.6	433

LE: 小于和等于, G: 大于, R: 与年龄复相关系数, Sy.x: 估计的标准误(岁), n: 标本数

各类型牙齿推断年龄方程的构成和测试

通过电子计算机对所有数据的多重逐步回归分析,分别从各个实验组得到9个推断年龄的公式,并测试于各考核组标本(各公式的构成和测试结果分别见表7,8)。

讨 论

多重逐步回归分析的应用

为得到可用于推断年龄的方程,将已建立的有关年龄变化的牙齿结构变化数据库各

表7 推断年龄方程的构成

方程序号	方 程 构 成
123 A	$62.74916E' - 10.88875TCI - 1.91305C + 31.30007$
123 B	$3.29732T + 5.55932C' + 52.37516$
15 A	$5.78022*TP - 4.65075*EWNL + 0.91478*TP2 + 38.52592$
15 B	$5.72859S2' - 0.70947TP2 + 17.38864A' + 49.02068$
67 A	$14.76743TP' + 7.15632T' + 3.45234A + 13.41017C' + 14.86067$
67 B	$3.84329SEX + 16.15088TCI' + 6.94441T' + 45.96604$
8 A	$5.97096TP2' + 2.93263C' - 0.16367E + 2.40188C2' - 1.00714SEX + 25.81482$
8 B	$4.48731TP2' - 4.0731CCP' + 5.44702A' + 32.18933$
8 C	$6.20066T' - 5.70872EPWNL' - 0.24732WC + 1.67347TP + 60.39291$

表8 推断年龄方程测试

方程序号	亚 组	实验组			考核组	
		R	Sy.x	n	Sy.x	n
123 A	LE50岁	0.67	5.4	41	**	**
123 B	G50岁	0.41	4.9	84	4.5	21
45 A	LE15岁	0.76	4.8	43	4.9	11
45 B	G45岁	0.61	5.1	145	5.4	36
67 A	LE45岁	0.86	4.8	44	2.9	10
67 B	G45岁	0.44	4.8	71	4.5	18
8 A	17~30岁	0.60	2.7	132	1.9	37
8 B	~40岁	0.59	2.4	67	2.5	11
8 C	~75岁	0.62	5.6	54	5.0	14

R: 复相关系数, Sy.x: 估计的标准误(岁),

n: 标本例数, LE: 小于和等于, G: 大于,

** 本组样本量较小,未设考核组

spss 社会统计学专用电子计算机程序联用。选用回归分析项目,将数据库中各字段转为回归分析自变量,实际个体年龄作为因变量,并采用“前进式”多重逐步回归方法,其技术路线是由计算机自动计算各因变量与个体年龄之间的复相关系数,从众多的变量中优选出与年龄复相关系数最佳的变量进入方程,并自动进行与种显著性检验。各方程式中变量数的构成表

明, 尽管输入进行逐步回归分析的参数变量很多, 但通常只有 3~6 个变量能被选入各方程式中。这样所得的方程为较佳方程。由于构成方程的变量数目不多, 在实际应用时较为简便, 而且可靠性也有保证, 因为各变量均由大量的指标中优选出来, 有别于一般的多重回归。

本研究从牙齿年龄结构改变指标推导出的用于推断个体年龄的方程式均反向试验于考核组标本, 以测试各方程的实际误差程度。从以上附表数据显示出各方程用于考核组的误差情况比以往的研究^[7]明显减小, 准确性有了极大的改善, 实验组标本的估计的标准误与考核组的相近。目前另有一些研究报告, 只是进行实验标本的研究, 却无考核标本。各组方程的标准误差只来自于实验组, 因此这些方程应用于推导方程本身的标本以外来源的标本的误差情况不明, 这种情况在本研究中得到了纠正。

推断个体年龄各类方法的相互比较

当初 Gustafson 提出利用牙齿结构改变定量指标推断个体年龄时, 是将牙磨耗度, 牙周退缩, 继发牙本质, 牙骨质, 牙根透明度, 牙根吸收程度 6 项指标进行分级, 并把分级结果做为计分相加累计为推断年龄的总分数。进而将各牙齿所得的总分与年龄相应划出曲线, 以推断个体年龄。Johanson^[2]改良了 Gustafson 的方法, 用电子计算机对各牙齿结构改变的分级指标进行多重回归, 准确性有所提高。Maple^[7]也采用类似方法, 对上述 6 项指标的各自计分进行各种组合的回归分析, 并且采用实验组和考核组的方法进行了研究。虽然近年来多人认为分级法常由检查者根据有关方法计分标准确定牙齿改变的级别, 主观成分较大, 建议采用测量法代替分级法。但由于许多研究报告只是以各自方法和材料为基础进行研究, 尚缺乏综合性的分级法与测量法之间的对比性研究。为更明确地比较各类方法, 本研究中分别把测量法和分级法的变量一起输入 spss 软件包, 通过在电子计算机上运行, 直接在同批样本中分别得出各类方法推断年龄方程的相关系数和标

准估计误差, 保证了在齐同条件下进行比较, 这是以往的研究未能做到的, 所得结论更为可靠和有说服力。

虽然分级法常由检查者根据有关方法判断和确定各种牙齿改变的程度或级别, 因而常被认为主观性成分较多, 但本实验结果显示, 一些与分级法有关的变量也常被选入各方程式中, 另一方面, 用图像分析仪直接进行参数测量, 在获取数据方面更易于准确掌握, 研究结果表明, 测量法结合对数转换的准确性已高于分级法, 说明前者是更有希望的方法, 可望最终取代分级法。通过数据转换的变量也是各方程式中的重要组成部份, 表明这种数据处理是有效和有显著意义的。

按不同类型牙齿分类的推断年龄方程

由于牙齿有各种不同类型, 形态各异, 其内部结构的各项比例均不同。在利用牙齿推断年龄时如不考虑这些因素, 就会影响到推断年龄的准确性。因此本研究在推导方程时, 将牙齿分为 4 类(切牙和尖牙, 前磨牙, 第一, 二磨牙, 第三磨牙)分别进行多重逐步回归分析, 由此所得的方程有各自的适用范围。由于各类牙齿的形态有明显的不同, 在实际应用过程中, 很容易对检材进行分门别类, 以选用对应的推断年龄方程。从本研究的结果显示, 前牙类用于推断年龄并不明显优于其它类型的牙齿, 这与以往的一些研究不同, 一般认为前牙是单根牙, 变异的程度较小, 用于推断年龄较准确。本研究结果不同, 可能与本研究包括较多个体年龄大的牙齿有关, 按照以往的研究和本研究结果的情况来看, 年龄越大推断年龄的难度越大。

对数转换的曲线配合作用

曲线配合是医学上常用的方法, 对于一些非完全直线化的关系, 可用曲线直线化的方法, 即先用数字转换, 使曲线变为直线后, 再按直线回归处理。配合对数曲线时, 也可先用对数转换, 使对数曲线直线化后, 再按直线回归处理^[10]。研究结果显示, 直接测量法指标在经对数转换后, 明显提高了推断年龄的准确

性。从各方程的构成可见, 许多经对数转换的指标被选入方程。目前, 尚未有将对数转换方法广泛应用于利用牙齿推断个体年龄的报道。鉴于对数转换既不需增加指标的测量工作又可减少估计的标准误, 建议其他学者能试用于各自的样本, 以推广应用, 提高推断年龄的准确性。

(本研究得到香港大学解剖学系 N. G. Jablonski 博士, B. Weatherhead 教授, 香港大学口腔生物中心 H. P. Philipsen 博士和 K. M. Pang 高级技师等人员的热情帮助, 特此致谢)

参 考 文 献

1. Bang G and Ramm E. Determination of age in humans from root dentin transparency. *Acta Odontol. Scand*, 1970; 28:3
2. Johanson G. Age determination from human teeth. *Odontol. Revy*, 1971; 22(Suppl. 21):40
3. 张继宗, 纪元. 中国汉族男性牙齿磨耗与年龄关系的研究. *人类学学报* 1988; 7(3): 230

1. 魏博源, 冯家骏. 以牙磨耗度和牙指数推算牙齿年龄的多元回归方程式的研究. *人类学学报* 1984; 3(3):270
5. Lorentsen M and Solheim T. Age assessment based on translucent dentin. *J. Forensic Odonto-stomatology* 1989; 7(2):3
6. 宋宏伟, 贾静涛. 根据牙齿磨耗度推断年龄的研究. *法医学杂志* 1987; 3(3):21
7. Maples WR. An improved technique using dental histology for estimation of adult age. *J. Forensic Sci.*, 1978; 23:764
8. 翁正科. 从 dBASE III PLUS 到 dBASE IV. *微计算机应用* 1991; 12(1):21
9. Norusis M. SPSS/PC+. New York: McGraw-Hill, 1986:9~244
10. 上海第一医学院卫生统计学教研室. 多元线性回归与曲线回归. 见: *医学统计方法*. 第1版, 上海: 上海科技出版社, 1982:87~98

(1992-03-07收稿 1992-06-19修回)

A STUDY FOR THE EQUATIONS OF AGE ESTIMATION FROM SINGLE TOOTH WITH IMAGE ANALYSIS

Xu Xiaohu Zhu Jiazhen

(Department of Forensic Pathology)

The multiple stepwise regression analyses on the data of dental structure changes have been carried out to get the equations for estimating individual age from single tooth. It indicated that the standard error of estimate ranged from 2.4~5.6 years in the experimental sample, and 1.9~5.4 years on the examination sample. The result of the study showed that the method combining direct measurement with Image Analyzer, scoring system, and logarithmic transformation was helpful in improving the accuracy of age determination from single tooth.

Key words computerized Image Analysis; scoring system; logarithmic transformation; age determination by tooth; chinese tooth; multiple stepwise regression analysis