

# 现代口腔医学中人体头面部测量方法

曾祥龙

(北京医科大学口腔医学院,北京 100081)

**关键词** 测量方法;头面部;计算机技术

## 内 容 提 要

本文对现代口腔医学中所使用的人体头面部测量方法,包括三维坐标测量、立体摄影测量、云纹影象测量、X线头影测量等原理和应用予以简介。这些近年来随计算机技术发展而出现的新的测量方法,使传统的颅测量和面部测量大大改观。

为了认识人类牙颌、颅面的发育及发育畸形,从而更好地防治口腔疾病,口腔医学对人体头面部包括牙齿、牙弓、咬合、颌骨、颅骨及面部进行过大量的形态学观察和测量,这些研究工作,实际上是“牙齿人类学”的一部分。现代口腔医学中人体头面部的测量方法,可以不同程度地为体质人类学专业所借鉴、使用。本文对主要测量方法的原理及应用予以介绍。这些方法在国内都已使用。

## 一、测量系统及其分类

现代口腔医学中的人体头面部测量方法,包括一台计算机,以计算机为中心,配有必要的输入、输出硬件设备,并有相应的软件程序支持,组成一个专用的测量系统。测量系统中,输入设备采集被测物的立体信息,计算机对信息进行储存、分析、处理,并进行人机对话;输出设备将结果以数据、图形等方式输出(图1)。整个过程自动或半自动地完成,速度快、精度高,使形态学测量从传统的手工操作中得以解放,并有利于资料的保存。

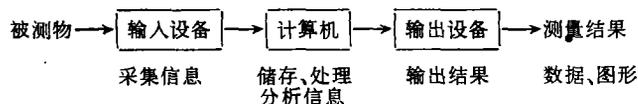


图1 测量系统工作原理框图

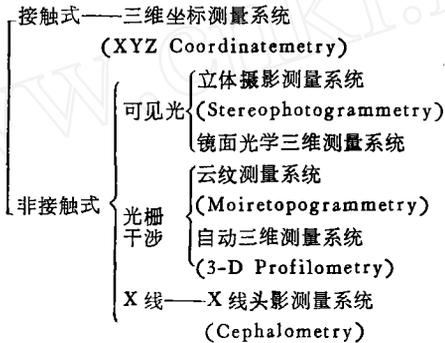
各种不同的测量系统中,计算机大多为微处理机,一般内存640K,10—20兆硬盘驱动器,1~2个软盘驱动器,单色或彩色显示器,有的需配有图像卡以进行图象分析;输出设备一般包括一台打印机和一台绘图仪。以上这些在不同的测量系统中都是相同或基本相同的,不同的是输入设备。输入设备是各测量系统的关键组成部分,由于对被测物体的测量方式不同,不同测量系统的输入设备也各不相同。

测量方式分为接触式和非接触式。接触式对被测物的实体进行直接测量,其输入设

备为一台三维坐标测量仪。主要用于对离体的硬结构如牙齿、牙弓、颌骨、颅骨的标本或模型进行测量,优点在于直接对实体进行测量,缺点在于当被测物表面形态很不规则时使用受到一定限制,也不能用于活体或软结构的被测物。

非接触测量方式是一种间接测量方式,即先将被测物转化为影象,然后对影象进行记录、测量和解释,从而获得可靠信息,所以又称为影像测量。用于人体头面部测量的影象方法多种多样,但从基本原理来看,影象测量或者利用可见光、或者利用光栅干涉、或者利用 X 线进行摄影或摄像,获得被测物的影象,然后将影象输入计算机进行图形分析、或者更高一级的图象分析。影象测量主要用于活体,也可以用于离体标本及模型。光学方法主要用于表面形态,X 线方法主要用于颅面部硬软组织。

人体头面部主要测量系统如下:



无论接触式或者非接触式测量,都可以做到三维分析。为保证测量结果的准确性和可重复性,测量系统的参数应保持恒定,被测物应当严格定位。测量标志点一般都需要由人来确定,目前尚未能做到颅面解剖形态的计算机自动识别。

## 二、三维坐标测量

输入设备为一台高精度的三坐标测量仪。水平工作台为 X、Y 坐标系,与台面成 90° 角的垂直柱构成 z 坐标系,测头与垂直柱相连;通过气浮或轴承传动的方式,工作台和垂直柱可以在 X、Y、Z 三个方位上灵活移动。测量时将被测物在工作台上定位并固定之,运转测量仪使测头与被测标志点接触,以压力触发或触点开关的形式通过光栅或相位鉴定的原理,被测标志点的 X、Y、Z 坐标值即自动显示并输入计算机内储存。以固定顺序输入各测量标志点,在相应软件的支持下迅速得出测量结果,结果以数据或图形的方式输出。对于不规则形状的被测物,可以改换不同形状的测头以便利测量。

三维坐标测量系统主要在工业机械测量中使用,最近一些年引入口腔医学,主要用于牙齿大小(胡颀苑,1986)、形态(冯海兰,1988;徐可卿,1990)、殆曲线(韩科等,1989)等方面的研究。

北京医科大学口腔医学院目前使用的三维坐标测量仪的主要技术指标为:

型号: CLJ-1 型

量程: X 轴: 150mm

Y 轴: 100mm

Z 轴: 80mm

测量精度: 0.005mm

目视定位精度: 0.01mm

测头系统: 悬浮式可调结构

新的口腔医学专用三坐标测量仪正在联合研制之中。

### 三、立体摄影测量

本世纪 40 年代,照像机用于记录人的体型 (Sheldon *et al.*, 1940),以后这一技术得到发展和标准化,并用于进行人体测量 (Tanner *et al.*, 1949)。但是早期的摄影测量采用的是普通摄影的方法,因此只能得到两个方向上的测量结果,其精度也并不优于人类学的测量。

人类的视觉之所以为立体,是由于左、右两只眼睛与观察物的成角略有差异,形成两个稍不同的影像,而大脑通过精细的综合,形成有长度、宽度和深度的立体像。倘若用一只眼睛观察,则不能判断物体的深度。立体摄影测量实际上是应用了双目视觉的原理,从两个不同的角度同步摄取被测物,然后在立体镜下,使两个角度的相对并列以显示被测物的深度。

立体摄影测量运用解析几何原理,借助于立体摄影机对“控制网”内的被测物摄影,然后用立体测图仪完成所得图像的三方位测量分析。本世纪 60 年代以前,立体摄影测量的使用已有过报道 (Thalman-Degen, 1944; Hertzberg 1957),60 年代以后,这一技术得以广泛地推广,主要用于航空测量,也用于生物医学领域 (Miskin, 1960; Haga *et al.*, 1964; Savara, 1965; Burke *et al.*, 1967; Beard *et al.*, 1967)。为与航空遥测相区别,医学立体摄影测量又称为近景立体摄影测量。

为了进行立体摄影,首先要求将被测物置于 X、Y、Z 空间坐标系中。为此,摄影前应建立“控制网”,即在被测物周围布设均匀分布的金属标做为“控制点”,各控制点的 X、Y 平面坐标是已知的,并用杆长的不同反应不同的 Z (深度)坐标值。然后将被测物在“控制网”内定位,用两台像机从不同的角度进行同步摄影(同步摄影经纬仪),获得被测物的立体像对。

在自动坐标记录仪上测量相点,并计算出被测物在各标志点的空间坐标 X、Y、Z,然后输入计算机;或者通过测图仪将位于同一平面内的数个 Z 值相等的点(等深度)连接起来形成等值线,再用图形数值化仪将等值线图输入计算机。计算机在相应软件的支持下,计算出被测物各测量标志点的空间距离;或者进行直观的立体或剖面图形分析。

对传统的立体摄影测量有过改良:在立体摄影时,如果不使用两台像机同步摄影,而是利用镜面反射的原理,将被测物置于带有与底面成一定角度的多块反光镜组成的专用控制架上,用一台像机也可以获得被测物的立体像对,这种方法即“特殊镜面三维成像”;如果摄影时使用摄像机而不用普通像机,被测物的图像可直接进入计算机图像分析系统进行测量分析,被称为“镜面光学与摄像机三维测量系统”。镜面光学三维测量只能用于

离体的标本、模型,而传统的立体摄影测量既可以用于离体、也可以用于活体。

立体摄影测量在口腔医学领域内主要用于研究牙颌(Savara, 1965; 高柠等,1986;丁晓青等,1987;纪昌蓉等,1988),面部形态(Hage *et al.*, 1964; Burke *et al.*, 1967; Crete *et al.*, 1978; 高勤等,1986),面部软组织生长发育 (Burke *et al.*, 1979; 1984) 以及临床颜面畸形的诊断和治疗计划(Savara, 1985; Burke, 1987; 胡林等1988)。立体摄影测量在人类学研究中的应用已有过报道,最近的一篇报道是关于灵长目磨牙形态的分类学意义。作者选大猩猩、黑猩猩、人、猩猩、合趾猿和长臂猿的 280 个牙弓标本的上下颌磨牙,对 34 个殆面标志点进行了立体摄影测量分析,结果发现灵长目磨牙形态与以分子生物学相似性为基础的进化关系并不一致。作者认为,磨牙冠测量不能做为灵长目种系发生的评价指征 (Hartman, 1989)。

#### 四、云纹形象测量

又称等高云纹法、莫尔等高条纹法、莫尔拓扑法、或者简称云纹测量法,是一种利用光栅重叠而产生的干涉条纹获得任意形态物体等高线图的光学测量方法。七十年代初 Takasaki (1970) 和 Meadows (1970) 分别发表照射型云纹测量法,以后又有投射型云纹测量法(吉野泽一,1972)。云纹测量法自 80 年代起在国内医学领域得到使用。

云纹测量法中的照射型与投射型的区别在于前者的光线通过光栅直接照射在被测物上,而后的光线通过一组透镜与光栅组成的投射系统投射到被测物上,再通过一组相同透镜和光栅组成的摄影系统成像(图 2、3)。前者适于被测物不太大时,测量精度较高;后者用于被测物较大,周围需要有一个自由空间时,但精度比前者稍差。目前国内口腔医学领域使用的大多为照射型。

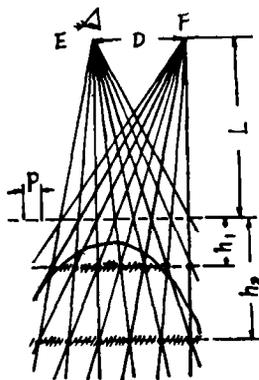


图2 云纹形象法照射型

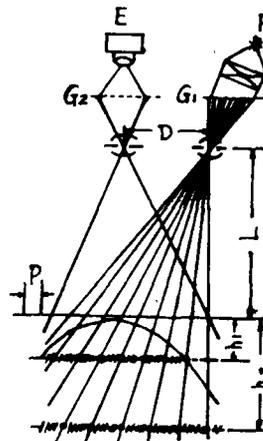


图3 云纹形象法投射型

照射型云纹法的基本原理如图 3: 光栅 G 置于被测物 M 前面,光线与光栅的法线成  $\alpha$  角、透过光栅照射在物体表面,形成变形栅。当透过光栅以  $\beta$  角观察物体时,就可以看到物体表面的干涉条纹。若观察点 E (像机) 与光源 F 位于同一平面并与光栅平面平行

时,所看到的干涉条纹就是被测物表面的等高线。于是,根据几何原理可以求出第N条等高线到光栅的距离h:

$$hN = \frac{NPL}{DNP}$$

其中,N为云纹级数,P为光栅的节距,L为光源与像机平面至光栅平面的距离,D为光源与像机之间的距离。

在拍摄面部云纹照片时,被测者的头部应当用头颅定位仪定位,使眼耳平面与地面平行,两外耳道连线与光栅平行。被测者面部涂以白粉,并由光栅振动装置使光栅沿垂直相往返振动以消除光衍射产生的噪波所致的误差。

将拍摄出来的云纹图像输入计算机可有两种不同的方式,目前一般常用图形处理的方式,即通过人工提取等高线,然后在图形数字化仪上将等高线输入并同时输入等高级数;另一输入方式是图象处理的方式,即用摄像机将云纹图象直接输入计算机图象系统,通过自动灰度处理提取云纹等高线,并以人机对话形式确定条纹的级数(Yatogai等,1982)。计算机对输入的信息进行储存,根据研究者的需要,在相应软件的支持下进行分析。输出的结果可以是数据、等高线图、剖面图,立体图、高程图等。

云纹测量法已广泛地应用于研究面部软组织形态和对称性(盐人重彰,1978,1979;北条健三,1980;Madden,1979;Douglas,1986;王兴,1988;胡林等,1988;吕苹,1989),颌骨的对称性(斋藤雄一,1984;梅田尚夫,1985)牙齿的性别差异(Takei *et al.*, 1985),以及口腔颌面外科(孙弘华等1985;宿玉成等,1990)、眼科(Kawara,1979)、骨科(张光烂等,1987)、外科(张福保,1985)、成型外科(Karlan,1978)的临床检测。

北京医科大学口腔医学院YZ-602型照射云纹仪的主要部件及技术指标为:

光源:250W白炽灯

光栅节距:1mm

光栅面积:300×500mm

光源至光栅距(L):669.25mm

光源与像机距(D):340mm

像机:海瓯DF-135

深度测量误差:<1%

经重复实验配对t检验证明该仪器稳定可靠,可以重复使用。

根据光栅原理,最近国内发展了自动三维形状测量系统(金观昌等,1990)。这一系统的光源为投射型,使用计算机图象系统对由摄像机直接输入的不同角度的面部条纹图像进行分析测量,全部过程自动化程度高,处理速度快,精确而使用方便。

## 五、X线头影测量

X线头影测量主要是测量X线头颅定位照像所得的影象,对颅面部硬、软组织的各标志点描绘出一定的线、角进行测量分析,从而了解牙颌、颅面的大小、形态及相互之间的位置关系。Broadbent(1931)最早提出这一方法并进行头颅侧位X线测量,Thompson(1943)

对头颅正位 X 线片进行测量分析,几十年来这种方法广泛地使用于颅面生物学的研究。

用做头影测量的 X 线头颅像,必须在头颅定位仪上严格定位下拍摄,保证眼耳平面与地面平行,同时头位、X 线球管及胶片三者之间的位置关系保持恒定,这样所得的 X 线片才能保证测量结果的可靠性和可比性。根据研究需要,可以拍摄头颅侧位片(矢状面)、正位片(后前位、额状位),还可以拍摄顶位片(冠状位),将颅面三个方位上的信息全部包括进 X 线片中。

由于摄片时 X 线不可能达到平行的要求,同时头部正中面与胶片间又有距离存在,因而 X 线头影像必然有一定的放大误差,其放大率为:

$$r = \left( \frac{D}{D-d} - 1 \right) \times 100\%$$

其中, D 为球管与 X 线胶片距, d 为被测物正中矢状(或额状)面与 X 线胶片距。对于同一拍摄系统,其放大误差 r 是固定不变的。

将 X 线片用硫酸描图纸描出图后,确定需要测量的牙齿、颌骨、颅骨及面部的解剖标志点,然后进行测量。口腔医学中所用的测量标志点,与体质人类学颅骨测量所使用的有许多是相同的(图 4)。

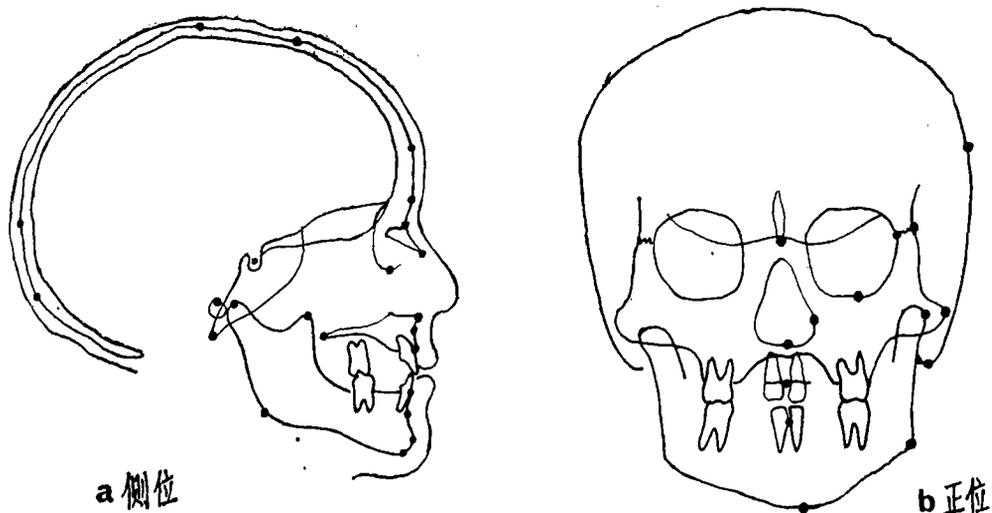
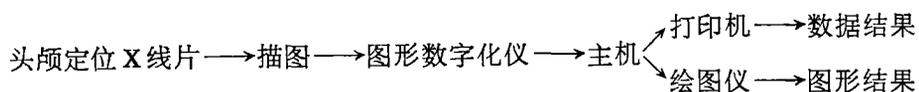


图 4 X 线头影测量标志点

X 线头影测量于 1965 年引入国内口腔医学(傅民魁, 1965),并在 80 年代初完成了计算机化的工作(曾祥龙等, 1983; 傅民魁, 1984)。计算机 X 线头影测量系统的工作原理如下:



其中,图形数字化仪为输入设备,可以将图形信息转换成数字信息。工作时将头影测量描图固定在数字化仪上,用游标对准测量标志点,以绝对座标磁感应的读取方式,标志

点的 X、Y 坐标值自动读入计算机内储存。用固定顺序读取各个测量标志点,在相应软件程序的支持下,迅速完成头面部线距与角度的测量分析。结果以数据或图形的形式输出。

北京医科大学口腔医学院计算机 X 线头影测量系统主要部件及技术指标如下:

头颅定位 X 线机

放大误差: 11.1%

图形数字化仪: TG-1017 型

工作幅面: 280×430mm

分辨率: 0.127mm

精度: ±0.381mm

工作方式: 点输入,连续输入。连续点输入

计算机: AST 286 微机

绘图仪: DXY-800 八笔彩色绘图仪

打印机: Epson-LQ 2500K 宽行打印机

X 线头影测量已广泛地使用于活体颅面形态结构的研究,包括不同地区人群的颅面正常标准(傅民魁,1965;楼昭华等,1981;陈杨熙等,1985),各种错殆畸形的颅面特征(陈蓉等,1985;林久祥等,1987;田乃学等,1988),颅面生长发育(林景榕等,1966;林久祥等,1987;曾祥龙等,1986),颅面骨骼与表面软组织形态的关系(林久祥等,1984;于晓惠等,1987),颅面对称性的研究(王兴等,1989;于晓惠等,1990;贾绮林,1990);这种方法也用于研究离体的颅骨标本,包括古代标本 (Ingervall, 1972; Seddon, 1984; 曾祥龙等, 1983; 三浦不二夫等,1988)。

近年来, X 线头影测量又有了两项新的发展。一是头颅测量 X 线片的自动输入计算机。这项技术或者采用电视摄像的原理,或者采用 CCD 扫描原理,将 X 线片直接输入计算机内,并可进行有关的图像处理,因而省略了 X 线片的描图和图形输入这两个人工过程,既提高了分析速度,又减小了测量误差。这项技术最近在国内已经实现并通过了技术鉴定。另一项新发展是同步拍摄定位头颅正、侧位 X 线片。这一技术可以对定位的头颅同时从正面和侧面拍摄两张 X 线片,使两张 X 线片上的解剖结构有严格的对应关系,它的发展,为 X 线头影测量做到名副其实的三维测量提供了保障 (Trocme *et al.*, 1990)。

## 六、结 语

医学现代化的一个重要方面是计量医学 (Quantitative Medicine), 其目的在于, 在精确数量的基础上, 使医学和整个医疗过程实现全面自动化。计量医学包括信息的获取, 积累以及信息的处理, 随着计算机技术的发展, 计量医学取得了长足的进展。

现代口腔医学中所使用的各种测量方法是计量医学的一部分, 与传统测量方法相比, 一般具有以下几个优点。

(1) 提高了测量的速度, 节省了大量的人力, 做到快速重复测量。例如计算机 X 线头影测量, 比传统人工测量工效提高 10 倍以上。

表 1 第一恒磨牙牙尖高度<sup>1)</sup>(mm)(三坐标测量法)

	M <sup>1</sup>	M <sub>1</sub>
近中颊尖—中央窝底	1.838(0.421)	1.995(0.434)
远中颊尖—中央窝底	1.881(0.396)	2.436(0.415)
远中舌尖—中央窝底	1.825(0.414)	1.726(0.378)
近中舌尖—中央窝底	2.241(0.412)	1.628(0.438)
远中尖—中央窝底	—	1.977(0.348)

1) 引自徐可卿(1990)

表 2 面部测量结果<sup>2)</sup>(mm)(立体摄影测量法)

(1) X 轴

距离宽度	均 数	标准差	标准误
两眼外角宽	103.14	4.95	0.67
两眼内角宽	31.42	3.38	0.46
鼻宽	39.73	2.58	0.35
口裂宽	54.09	4.16	0.56

(2) Y 轴

距离长度	均 数	标准差	标准误
发际至鼻根	70.18	6.47	0.87
鼻根至鼻底	63.61	3.86	0.52
鼻底至颞点	64.11	4.38	0.59
两侧眼外角至口角均数	68.56	3.73	0.50

(3) Z 轴

距离高度	均 数	标准差	标准误
鼻高	20.23	5.89	0.79
鼻深	12.63	3.43	0.46
上唇突度	8.76	2.82	0.38
鼻尖至颞点	22.15	6.69	0.90

2) 引自高懋(1986)

表 3 正常殆成人正中矢状面软组织平均厚度<sup>3)</sup>(mm)(X 线头影测量法)

	男 (n = 30)	女 (n = 30)
额部	6.9	6.2
鼻根部	5.9	5.6
鼻底部	17.0	15.4
上唇凹	15.7	13.9
上唇凸	14.4	13.0
下唇凸	15.0	14.0
下唇凹	13.9	12.6
颊部	13.5	12.3
颊下部	7.8	7.1

3) 引自于晓惠(1987)

(2) 完成传统人工测量方法不易完成的测量,使可测项目增加。口面部的某些结构,由于形态不规,其测量、特别是空间高度(Z轴)的测量用传统人工方法有一定难度,或者有较大的测量误差,例如牙尖高度、牙尖斜度、殆曲线、颞下颌关节凹以及面部的相对深度等,用三维坐标测量、立体摄影测量、云纹测量方法可以很容易地完成(表1、2)。又如,面部软组织厚度及其与硬组织牙骨的关系,在离体标本上所得的结果无疑与活体有所差异,而传统方法在活体上又很难进行,此时,X线头影测量有其无法取代的优点(表3)。

(3) 测量的精度较高。人工测量的精度可达0.02mm,计算机测量系统的测量精度一般可达0.001mm。

(4) 在测量的同时,测量结果以坐标形式自动输入计算机内储存,减少了数据输入的差错,也大大节省了时间,有利于数据的处理。这里特别应当提到的是,由于计算机具有高速运算的特点,因而可以对大量测量数据进行多因素分析。与传统单因素统计分析相比,多因素分析综合考虑各种因素及其之间的相互关系,可以对颅面形态建立整体性的认识。这类分析方法,包括判别、聚类、多元回归、因子分析等,在口腔医学和体质人类学的研究中都已经使用。多因素分析法只有在计算机辅助下才能够完成。

体质人类学与医学关系密切,与医学研究一样,体质人类学的研究也包括信息的获取、积累和信息的处理。随着计算机和测量技术的发展,快速重复测量已成为可能,可测项目能够较多地增加,测量精度大大提高;与此同时,信息处理的软件系统也越来越丰富。所有这些,无疑为体质人类学的研究向深度和广度发展提供了必要条件。

(1990年9月28日收稿)

### 参 考 文 献

- 丁晓青等,1987.一种用单摄像机图象分析系统的三维物体测量新方法.清华大学学报,27: 88—94.
- 于晓惠等,1987.180例正常殆北京汉族人软组织侧貌X线头影测量研究.中华口腔科杂志,22: 222—226.
- 于晓惠等,1990.正常殆北京人颅面结构的后前位X线头影测量研究.中华口腔科杂志,25: 38—41.
- 王兴,1988.中国人容貌美学的三维颅面结构基础研究.北京医科大学研究生毕业论文.
- 王兴等,1988.中国美貌人群的正位X线头影测量研究.口腔医学纵横,4: 195—200.
- 田乃学等,1989.前牙深覆盖畸形颅面结构生长变化的研究.中华口腔科杂志,23: 40—42.
- 冯海兰,1988.侧方髁道斜度的研究.北京医科大学研究生毕业论文.
- 孙弘华等,1985.影像云纹法在口腔颌面部检测中的应用.中华口腔科杂志,20: 285—287.
- 吕萍,1989.青少年面面对称性的影像云纹测量研究.北京医科大学研究生毕业论文.
- 纪昌蓉等,1988.牙颌模型的立体摄影测量.华西口腔医学杂志,6: 164—167.
- 林久祥等,1984.X线头影软组织测量的临床价值.中华口腔科杂志,19: 17—20.
- 林久祥等,1987.前牙开殆颅面生长发育的研究.实用口腔医学,3: 72—74.
- 林景榕等,1966.正常殆人牙颌面生长发育的X线头影测量研究.北京医学院学报,5: 101—104.
- 金观昌等,1990.自动三维测量学及在人体面部测量中的应用.人类学学报,9: 164—167.
- 张光汕等,1987.云纹照象及其在脊柱检测中的应用.中华骨科杂志,7: 261—263.
- 张福保,1985.云纹影像测量法的原理及临床应用.中华外科杂志,23: 488—490.
- 陈蓉等,1985.前牙垂直、内倾型深覆殆畸形的X线头影测量分析研究.中华口腔科杂志,20: 221—225.
- 陈杨熙等,1985.哈尔滨市100名正常殆儿童侧貌的X线头影测量研究.中华口腔科杂志,20: 45—48.
- 胡玉苑,1986.关于恒牙先天缺失的研究.北京医科大学研究生毕业论文.
- 胡林等,1988.计算机化莫尔等高条纹对颌面形态的三维测量分析.华西口腔医学杂志,6: 13—17.
- 胡林等,1988.生物立体测量在诊治牙颌面畸形中的应用研究.华西口腔医学杂志,6: 159—163.
- 高柠等,1986.牙弓齿槽座形态和腭盖高度的三维测量技术.华西口腔医学杂志,5: 32—35.
- 高勤等,1986.正常人颌面部解剖标志的立体摄影测量.北京医科大学学报,18: 285—287.

- 徐可卿, 1990. 正常合牙弓颌面形态的研究. 北京医科大学研究生毕业论文.
- 宿玉成等, 1990. 面部云纹测量及其在面部畸形整复中的应用. 现代口腔医学杂志, 4: 79—82.
- 傅民魁等, 1965. 144 名正常颌中国人的 X 线头影测量研究. 北京医学院学报, 4: 251—254.
- 傅民魁, 1984. 正常颌颌面结构的电子计算机头影测量研究. 华西口腔医学杂志, 2: 109—113.
- 曾祥龙等, 1983. 宝鸡、华县新石器时代人骨的错颌畸形. 人类学学报, 2: 352—358.
- 曾祥龙等, 1983. 计算机自动绘图系统在 X 线头影测量分析的应用. 中华口腔杂志, 18: 234—236.
- 曾祥龙等, 1986. 前牙反颌颌面生长发育的研究. 中华口腔杂志, 21: 8—13.
- 贾绮林, 1990. 颌面不对称畸形颌面深部机制及其生长发育的后前位 X 线头影测量研究. 北京医科大学研究生毕业论文.
- 楼昭华等, 1981. 上海市 128 名正常颌儿童 X 线头影测量研究. 中华口腔杂志, 16: 100—104.
- 韩科等, 1989. 合平面鼻翼耳屏平面及翼下颌切迹一切牙乳突平面间关系的研究. 全国首届修复学学术会议.
- 三浦不二夫等, 1988. ヘルレーンデイオの歯科人类学的研究. 口病志 55: 540—569.
- 吉野洋一, 1970. 投影型モアレ等高线图化法. 光学, 1: 128—134.
- 北条健三, 1980. モアレ高による顔面の対称性に関する研究. 齿科学报, 81: 203—210.
- 斋藤雄一, 1984. ヒト头盖骨における対称性に関する研究. 齿科学报, 84: 301—321.
- 梅田尚夫, 1985. モアレ高による小儿头盖骨顔面の対称性に関する研究. 齿科学报, 85: 653—659.
- 盐入重彰, 1978. モアレトポグラーフ法による正常人顔面对称性に関する検討. 口病志, 45: 147—167.
- 盐入重彰, 1979. モアレトポグラーフの医学齿学应用について. 口病志, 46: 185—186.
- Beard, L. F. *et al.*, 1967. The evolution of a system of stereophotogrammetry for the study of facial morphology. *Med. and Biol. Illus.* 17: 20—25.
- Broadbent, B. H., 1931. A new X-ray technique and its application to orthodontics. *Angle Orthod.* 1: 45.
- Burke, P. H. *et al.*, 1967. Stereophotogrammetry of the face. *Am. J. Orthod.* 53: 769—782.
- Burke, P. H. *et al.*, 1979. Growth of soft tissues of the face in adolescence. *Br. Dent. J.* 146: 239—246.
- Burke, P. H. *et al.*, 1984. Four-dimensional facial change. *Br. J. Orth.* 11: 170—184.
- Burke, P. H., 1987. The effect of congenital cardiac disease on facial growth in a monozygotic twin pair, studied by stereo-photogrammetry. *Eurp. J. Orthod.* 9: 97—103.
- Crete, N. *et al.*, 1978. A study of facial asymmetries by the stereometric method. *Appl. Hum. Bios.* 166: 311—320.
- Douglas, M. S., 1986. Moire topography. Its application in measuring soft tissues asymmetries. *Am. J. Orthod.* 89: 177.
- Haga, M. *et al.*, 1964. Stereophotogrammetric study on the face. *Bull. Tokyo Dens. Coll* 5: 10—24.
- Hartman, S. E., 1989. Stereophotogrammetric analysis of occlusal morphology of extant hominoid: phenetics and function. *Am. J. Phys. Anthrop.* 80: 145—166.
- Hertzberg, H. T. E. *et al.*, 1957. Stereophotogrammetry as an anthropometric tool. *Photogrammetric Eng.* 23: 942—947.
- Ingervall, B. *et al.*, 1972. Secular changes in the morphology of the skull in Swedish men. *Acta. Odon. Scand.* 30: 539—554.
- Karlan, M., 1978. Biostereometric analysis in plastic and reconstructive surgery. *Plas. and Recons. Surg.* 62: 235—240.
- Kawara, T., 1979. Corneal of topography using Moire contour frins. *App. Opt.* 18: 3675—3681.
- Madden, M. C. *et al.*, 1979. Moire photography as a means of topographical mapping of the human face. *Ann. Biom. Eng.* 7: 95—102.
- Meadous, D. *et al.*, 1970. Generation of surface contour by Moire pattern. *App. Opt.* 9: 942—947.
- Miskin, E. A., 1960. Simple photogrammetric methods in medicine. *Med. & Biol. Illus.* 10: 230—237.
- Savara, B. S., 1965. Application of photogrammetry for quantitative study of tooth and face morphology. *Am. J. Phys. Anthrop.* 23: 427—434.
- Savara, B. S., 1985. Biostereometrics and computergraphics for patients with craniofacial malformations: diagnosis and treatment planning. *Plas. Reconstr. Surg.* 75: 495—503.
- Seddon, R. P., 1984. A cephalometric study of the Romano-British. *Eur. J. Orthod.* 6: 303—312.
- Sheldon, W. H. *et al.*, 1940. *The Varieties of Human Physique*. Harper and Brothers, New York.
- Takasaki, H., 1970. Moire topography. *App. Opt.* 9: 1467—1472.
- Takei, T. *et al.*, 1985. Application of Moire topography to forensic odontology. *J. Nihon Univer. School Dent.* 27: 87—104.
- Tanner, J. M. *et al.*, 1949. The reliability of the photogrammetric method of anthropometry. *Am. J. Phys. Anthrop.* 7: 145—186.
- Thamann-Degen, P., 1944. *Die Stereo-photogrammetrie. ein diagnostisches Hilfsmittel in der Kieferorthopädie*, Dr.

Dissertation, Univer. of Zurich.

Thompson, J. R., 1943. Asymmetry of the face. *J. Am. Dent. Assoc.* 30: 1859—1865.

Trocme, M. C. *et al.*, 1990. A biplanar cephalometric stereoradiography technique. *Am. J. Orthod.* 98: 168—175.

Yatogai, T. *et al.*, 1982. Automatic fringe analysis using digital image processing techniques. *Opt. Eng.* 21: 432—438.

## METHODS FOR DENTO-FACIAL MEASUREMENT IN MODERN DENTISTRY

Zeng Xiang long

(School of Stomatology, Beijing Medical University, Beijing 100081)

**Key words** Methods; Dento-facial measurement

### Abstract

Computer systems for dento-facial measurements used in dental research and clinic in recent years are described and classified according to their principles. These advanced measurement techniques will greatly improve traditional craniometry and human face measurement in physical anthropology.