基于锥形线束CT数据的智能颈椎骨龄评估系统的建立

冯筱妍¹, 卢诗娟², 李一鸣², 林 军¹

1. 浙江大学医学院附属第一医院口腔科, 浙江 杭州 310003

2. 浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室, 浙江 杭州 310058

[摘要] 目的:建立智能颈椎骨龄评估系统,初步评估基于锥形线束CT数据的智能颈椎骨龄评估系统的可靠性和临床应用价值。方法:选取60例生长发育期(8~16岁)儿童同时段拍摄的侧位体层片和锥形线束CT作为实验数据。在锥形线束CT上通过Otsu算法提取患者的面部区域,使用三维最小二乘法获得一个矢状面,并在此矢状面上应用超像素算法来对图像进行分割以获取颈椎区域,随后分别进行人工定点与形态学算法的自动定点,对两组坐标数据进行一致性检验。根据颈椎骨龄分期指南的定义,进行算法设计,建立智能颈椎骨龄评估系统。同时通过同期的侧位体层片进行人工颈椎骨龄判读。采用加权Kappa一致性检验及Gamma相关度检验比较人工侧位体层片颈椎骨龄判读结果与智能颈椎骨龄评估结果,判断智能颈椎骨龄预测系统的临床应用价值。结果:基于锥形线束CT数据自动化捕捉的颈椎形态整体上具有较高的形态识别度,在预测13个点中的8个拐点时,自动定点与人工定点在X轴和Y轴上的Wilcoxon检验结果差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。同时,智能系统的颈椎骨龄评估结果与人工识别结果有较强的一致性和相关性(加权Kappa值0.877, Gamma值0.991, 均 $P<0.05$)。结论:基于锥形线束CT数据进行的自动化颈椎形态捕捉和智能颈椎骨龄预测系统有一定的可靠性,自动化程度高,具有一定的临床应用价值。

[关键词] 颈椎骨龄;智能评估;锥形线束;计算机断层扫描术;侧位体层片

[中图分类号] R782.05 **[文献标志码]** A

Establishment of an intelligent cervical vertebrae maturity assessment system based on cone beam CT data

FENG Xiaoyan¹, LU Shijuan², LI Yiming², LIN Jun¹ (1. Department of Stomatology, the First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310003,

收稿日期:2021-01-11 接受日期:2021-02-01

基金项目:国家自然科学基金(81970978)

第一作者:冯筱妍,住院医师,主要从事口腔正畸临床工作;E-mail: xiaoyanfeng@zju.edu.cn; <https://orcid.org/0000-0002-2171-2854>

通信作者:林 军,主任医师,博士生导师,主要从事口腔正畸临床工作;E-mail: linjun2@zju.edu.cn; <https://orcid.org/0000-0002-2431-0121>

China; 2. State Key Laboratory of CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Corresponding author: LIN Jun, E-mail: linjun2@zju.edu.cn, <https://orcid.org/0000-0002-2431-0121>

[**Abstract**] **Objective:** To establish an intelligent cervical vertebra maturity assessment system, and to evaluate the reliability and clinical value of the system. **Methods:** Sixty children aged 8-16 years were recruited in the study. Lateral cephalometric radiograph and cone beam CT (CBCT) were taken at the same period. Based on the CBCT data, the system automatically extracted the patient's facial area through Otsu's method, intercepted the sagittal plane by three-dimensional least squares method, captured the second to fourth cervical vertebrae by superpixel segmentation. And then selected points were marked automatically through morphological algorithm and manual method. Consistency test was performed on the two sets of data to compare the reliability of automated cervical morphology capture. According to the parameters of morphological identification, positioning and staging algorithms were designed to form the intelligent cervical vertebra maturity assessment system. The cervical vertebra maturity was also judged manually on the lateral cephalometric radiograph. The weighted Kappa test and the Gamma correlation coefficient were subsequently applied to evaluate the consistency and correlation. **Results:** The results showed that the cervical vertebra features automatically captured based on CBCT data had a high accuracy on the overall morphological recognition. In the prediction of 8 inflection points out of 13 points, there was no significant difference between automatic and manual method on both X and Y axes (all $P>0.05$). The assessment results of the cervical vertebra maturity of the intelligent system had strong consistency and correlation with the manual recognition results (weighted Kappa value=0.877, Gamma value=0.991, both $P<0.05$). **Conclusion:** The intelligent cervical vertebrae maturity assessment system based on CBCT data established in this study presents reliable outcome and high degree of automation, indicating that the system may be used clinically.

[**Key words**] Cervical vertebrae maturity; Intelligent assessment; Cone beam; Computer tomography; Lateral tomogram

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2021, 50(2): 187-194.]

[**缩略语**] 颈椎骨龄分期(cervical vertebral maturation,CVM);计算机断层扫描术(computer tomography,CT);组内相关系数(intraclass correlation coefficient,ICC)

生长发育与颅颌面、错颌畸形的发生相互影响,是正畸临床研究的重要组成部分。生长发育阶段的准确评估有助于青少年正畸方案的制订,提高矫治的效率以及稳定性。目前,正畸医生在临床上主要通过侧位体层片的颈椎形态识别进行

骨成熟度的评估,从而对处于生长发育期的个体进行错颌畸形的预判并为其制订治疗方案^[1-2]。然而,临床中每个评估者对形态认识不同,主观性强,因而这种方法对评估者的经验有较高的要求,评价结果的准确性也有待提高^[3-4]。

医学影像的数字化处理与智能化分析已成为趋势。本研究将锥形线束CT数据与自动化技术同时应用到颈椎骨龄评估中,开发了初具体系的基于锥形线束CT数据的智能颈椎骨龄评估系统,初步评估了智能颈椎骨龄评估系统的临床应用价值,以期为临床上更高效、准确地进行生长发育评估提供新的方法。

1 对象与方法

1.1 对象

选取浙江大学医学院附属第一医院口腔影像资料室生长发育期儿童(年龄为8~16岁)同期拍摄的头颅侧位体层片及锥形线束CT影像资料各60份,其中男性儿童21名,女性儿童39名,平均年龄为 (12.3 ± 2.8) 岁。任选13份用于测试自动化定点的准确性。排除标准:①锥形线束CT图像不清晰,第2至4节颈椎形态不完整;②有颅面畸形病史,如颅面骨折、唇腭裂;③有颈椎形态相关的综合征;④有严重系统性疾病或其他综合征。本研究经患者及其家长知情同意,研究方案通过医院伦理委员会审批[2019(11-1)]。

1.2 基于锥形线束CT的自动化颈椎形态捕获

将锥形线束CT数据以自由矩阵的医学数字成像和通信数据进行多平面重建,利用Otsu算法提取出面部区域。

随后,采用最小二乘法原理计算出矢状截面,该平面是纳入全部数据后使左右两侧距离尽可能相等的平面。在二维情况下,最小二乘法对给定的点,通过最小化误差的平方和,拟合出一条最佳的直线。进一步将其扩展到三维情况,假设面部点集为 $F=\{(x_i, y_i, z_i)\}, i=1, \dots, N$,其中 N 为总点数,目标是拟合平面 $z=ax+by+c$,使得该平面在给定 x_i, y_i 后对 z_i 预测误差的平方和 D 最小化, D 的计算公式为:

$$D = \sum_{i=1}^N d_i^2 = \sum_{i=1}^N (z_i - ax_i - by_i - c)^2$$

为了最小化 D ,将 D 对平面参数 a, b, c 分别求偏导,令导数为0,求解得到的公式如下:

$$a = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z}) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})(z_i - \bar{z}) \right] \left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]}$$

$$b = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z}) - \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z}) \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]}$$

$$c = \bar{z} - a\bar{x} - b\bar{y}$$

最后,通过超像素分割算法^[5]将矢状截面的图像从像素级降至超像素级,利用图像局部灰度相似的特点,将其分割为若干个同质的超像素子区域,通过良好的聚类功能进行颈椎形态的提取。

1.3 颈椎形态的自动化定点

采用Chen等^[6]颈椎骨龄定量的分期方法,其中第2至4节颈椎的13个点组构成了该公式的相应数据来源,选取为标志点(表1、图1)。

计算机自动定点算法如下:首先计算出每一节颈椎的最小矩形包围盒,包围盒有4个拐点,根据坐标的上下左右可以确定左上、右上、左下、右下点的坐标,每个坐标计算边缘点集中距离(曼哈顿距离)最近的点,即为所求的点,其中第二颈椎C2只需计算左下(C2a)、右下(C2p)以及下面正中(C2d)的点。由于C2左下角的边缘在一些情况下过于圆滑,所以检测到的点位置偏上,导致点C2d在左右两拐点连成的直线之下,为了避免这种情况发生,在计算C2a和C2p时,要求距离包围盒下边线距离在一定的范围内。以C2a为例,具体计算如下:先计算每个点到左下拐点的曼哈顿距离,取最小的20个点,计算到下边线的距离,取其中最小距离的点为C2a。确定好C2a和C2p两点之后,将距离C2a和C2p连成的直线最远的点确定为C2d。第三、四颈椎中标记点的计算方法与第二颈椎同理。通过均分坐标轴数据计算得出C4um和C4am。

为了验证自动定点的可靠性,在统一的坐标系下由同一名研究者进行人工定点,重复三次,记录每次测量的数据,并计算每个点三次测量的平均值。注意避免因视觉疲劳、图像记忆产生的误差,故间隔一周左右进行一次测量。

1.4 颈椎骨龄评估

1.4.1 人工颈椎骨龄评估 根据“颈椎成熟度分期”^[7]的描述进行骨龄评估(图2)。第一步:评估第二至四节颈椎体的底边形态变化(平→凹);第二步:评估第三、四节颈椎体的形态变化,即梯

表 1 颈椎标志点及定义

Table 1 Marking points and their definitions

标志点	形态学定义
C2a	第二颈椎最前最下点
C2d	第二颈椎下缘最凹点
C2p	第二颈椎最后最下点
C3la	第三颈椎下缘最前点
C3lp	第三颈椎下缘最后点
C3ua	第三颈椎上缘最前点
C3up	第三颈椎上缘最后点
C4am	第四颈椎前缘中点
C4la	第四颈椎下缘最前点
C4lp	第四颈椎下缘最后点
C4ua	第四颈椎上缘最前点
C4um	第四颈椎上缘中点
C4up	第四颈椎下缘最后点

图 1 颈椎骨龄定量分析标志点

Figure 1 Marking points for quantitative analysis of cervical vertebrae maturity

形→水平矩形(水平向较长)→正方形→垂直矩形(垂直向较长)。由同一名具有3年以上颈椎骨龄判读经验的研究者对侧位体层片进行3次判读,取3次颈椎骨龄的均值,四舍五入后取整,作为骨龄分期结果,将颈椎骨龄分为CVM1~CVM6期。

1.4.2 智能颈椎骨龄评估 根据以上分期方式进行决策树算法设计,建立智能颈椎骨龄评估系统^[3]。颈椎底边形态的曲度由最凹点到前下点与后下点连线的距离DX决定(X为颈椎的编号,如第二颈椎为2), $DX>0$ 记为凹, $DX\leq 0$ 记为平。颈椎体高度HX为CXum到CXla和CXlp连线的距离,宽度WX为CXam到CXup和CXlp连线的距离。因此,需要补充计算四个标志点,其中第三、四颈椎中最凹点C3d和C4d的算法与第二颈椎最凹点C2d同理,C3am和C3um获得方法与C4am和C4um同理。

其中,CVM5期、CVM6期均属于生长发育高峰期的晚期,生长潜力十分有限,面部生长发育基本完成^[8],而且不是每个人都有CVM6期^[9-10]。因此,本研究在智能颈椎骨龄评估系统中将CVM6期归为CVM5期。算法中将 $W3>H3$ 且 $W4>H4$ 的结果纳入CVM4期(图3、图4)。

1.5 统计学方法

采用SPSS 24.0软件进行统计分析。采用ICC评估人工定点的可重复性;将两组定点数据的差值进行Shapiro-Wilk正态分布检验,符合正态分布的数据用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用配对t检验;不符合正态分布的数据用中位数和上下四分位数表示 $[M(Q_1, Q_3)]$,采用非参数Wilcoxon等级检验; $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用加权Kappa一致性检验及Gamma相关度检验对人工在头颅侧位体层片上识别的结果与智能颈椎骨龄系统评估的结果进行检验。

2 结 果

2.1 颈椎形态的自动化捕捉结果展示

基于锥形线束CT自动捕捉,可见颈椎形态完整,边缘清晰,见图5。

2.2 颈椎形态自动定点与人工定点的一致性检验

人工定点所有测量项目的ICC值均大于0.75,X轴ICC平均值为 0.992 ± 0.016 ,Y轴ICC平均值为 0.997 ± 0.003 ,说明人工定点具有较高的可重复性。

人工定点与自动定点在8个标志点差异无统计学意义(均 $P>0.05$),C3la、C4am、C4um在X轴或Y轴差异有统计学意义(均 $P<0.05$),C2d和C4ua在X轴和Y轴差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),见表2。结果提示,颈椎形态自动定点准确性与人

图 2 McNamara颈椎骨龄(CVM)分期法^[7]

Figure 2 McNamara cervical vertebrae maturity (CVM) assessment^[7]

图 3 智能颈椎骨龄评估算法设计

Figure 3 The algorithm of intelligent system for cervical vertebrae maturity assessment

图 4 颈椎骨龄自动化评估系统的技术路线

Figure 4 General scheme of the intelligent system for cervical vertebrae maturity assesment

图5 颈椎形态捕捉展示

Figure 5 Results of the cervical vertebrae morphology capture

表2 人工定点与自动定点的一致性检验结果

Table 2 Consistency of manual chosen points and automatic chosen points

变 量	[$\bar{x} \pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]	
	X轴	Y轴
C2a	1.00(-1.00, 1.00)	0.00(-1.50, 0.00)
C2d	-1.00(-2.00, -1.00)**	1.92 $\pm$ 1.32**
C2p	-0.15 $\pm$ 1.07	0.46 $\pm$ 1.13
C3la	0.00(0.00, 2.00)	0.62 $\pm$ 0.87*
C3lp	1.00(0.00, 1.00)	1.00(-0.50, 1.50)
C3ua	0.46 $\pm$ 1.90	0.77 $\pm$ 1.79
C3up	1.00(-0.50, 2.00)	-0.23 $\pm$ 2.45
C4am	-2.00(-12.00, 0.00)*	-0.92 $\pm$ 7.76
C4la	1.15 $\pm$ 2.88	0.15 $\pm$ 1.57
C4lp	0.46 $\pm$ 0.88	0.00(0.00, 1.00)
C4ua	1.00(0.00, 2.00)**	0.00(0.00, 2.00)*
C4um	1.00(0.50, 8.50)**	-1.85 $\pm$ 3.31
C4up	0.85 $\pm$ 1.82	0.31 $\pm$ 1.32

表中数据为人工定点与自动定点数据的差值。人工定点与自动定点比较,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ 。

工定点相当,可用于后续骨龄评估。

2.3 智能颈椎骨龄评估系统与人工骨龄识别的结果比较

人工颈椎骨龄识别的ICC值为0.991(接近1)说明具有一定经验的研究者进行的人工颈椎骨龄识别具有较高的可重复性。

60例患者在智能颈椎骨龄评估系统和人工骨龄识别两种不同的方式下行颈椎骨龄评估的结果见图6,其中49例患者的颈椎骨龄判断一致,11例不一致,且差异不超过1期。加权Kappa系数为0.877($P < 0.05$),Gamma系数为0.991($P < 0.05$),证明两种方式的骨龄识别结果具有较高的一致性。

气泡内数值为例数。CVM: 颈椎骨龄分期。

图6 智能颈椎骨龄评估系统与人工骨龄识别结果比较

Figure 6 The assessment results of CVM in manual recognition and intelligent cervical vertebrae maturity assessment system

3 讨 论

为生长发育期儿童制订正畸方案时,医生需要评估该儿童的生长发育状态,预测患儿未来的生长,然而目前临床上缺乏一种高效、简便的生长发育预测方法。本研究旨在以颈椎骨龄为切入点,应用自动化技术建立一种临床上便于应用、可靠性高的颈椎骨龄评估系统,辅助生长发育评估。

本研究应用锥形线束CT数据进行颈椎骨龄评估,规避了侧位体层片作为二维平面图像存在的精准度低、数据量少等局限^[11]。有研究指出第一、二颈椎为非典型形态,第二颈椎有齿状突的这一结构,头颅侧位体层片无法区分两者的形态,而锥形线束CT图像却可以反映第一、二颈椎对颈椎骨龄的影响^[12]。Bonfim等^[13]对比了通过锥形线束CT三维重建图像和矢状截面评估的颈椎成熟指数,亦表明锥形线束CT可作为骨龄判断的一种方式。

颈椎形态特征识别是颈椎骨龄识别系统的设计基础,是临床上广为应用且较为成熟的颈椎骨龄评估方式。有不少的颈椎骨龄研究是围绕形态变化展开的,如Perinetti等^[14]开发了依据颈椎形态特征的CVM编码系统,Gray等^[15]对颈椎形态与下颌骨的生长发育进行了相关性研究。目前,越来越多的研究将计算机学习技术与骨龄预测进行整合,如朴素贝叶斯分类器、逻辑回归、支持向量机、随机森林、人工神经网络等^[16-17],将形态识别整合入算法,结果显示结合人工定点的半自动化

颈椎骨龄评估准确性高,有临床应用价值。本研究基于锥形线束CT数据,实现了颈椎形态较高度度的自动化识别。首先,最小二乘法是中间值选取的常用算法,可用于寻找多平面重建后左右两侧距离尽可能相等的矢状平面,此法不仅提高了平面空间定位的准确性和稳定性,降低了对头位精度的要求,同时可以直接将三维坐标系转化为二维坐标系,简化后期的数据处理,是一种有效的锥形线束CT截面选取方式。其次,超像素分割能够对不同尺寸的图像完成超像素分割,获得良好的图像边缘召回率和紧密度,在尽量不牺牲图像精确度的同时,大幅度降低后续数据处理的繁琐程度,应用于医学中多个领域,辅助临床上的快速诊断^[18]。本研究选择了13个标志点,其中10个位于颈椎体的拐点处,3个则位于拐点之间,这样的选点一方面呈现了三节颈椎体的基本形态,另一方面这些点构成的距离参数是后期颈椎骨龄预测系统的基础^[19]。研究结果表明,智能颈椎形态识别系统可以进行较为准确的颈椎形态捕捉及自动定点,并计算颈椎体长度、面积、边缘曲率和体积等参数^[20]。Byun等^[21]将男性与女性进行了区分,基于锥形线束CT图像进行颈椎定量分期,得到了两组不同的公式。因此,后续研究可以尝试纳入性别对形态其他参数变化的影响,细化并优化评估结果,并加入各期分布更为均匀的样本。

综上,本研究为临床进行颈椎骨龄评估提供新的方式,基于锥形线束CT数据的自动化颈椎形态捕捉与智能颈椎骨龄预测系统有一定可靠性,自动化程度高,具有临床应用价值,可用于快速评估颈椎骨龄。但对于整体骨成熟度的评估需要获取更为全面的骨龄资料,如手腕片提供的手腕骨龄,甚至整体体格状态(如身高、体重等)的纵向数据。另外,对正畸研究而言,评判颈椎骨龄评估方式优劣的标准还应纳入颈椎骨龄与颌面部生长发育之间的匹配度^[22-25],这些均有待在后续研究进一步完善。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] BACCETTI T, FRANCHI L, MCNAMARA J A JR. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics[J]. *Semin Orthod*, 2005, 11(3): 119-129.
- [2] PERINETTI G, PRIMOZIC J, FRANCHI L, et al. Cervical vertebral maturation method: growth timing versus growth amount[J]. *Eur J Orthod*, 2016, 38(1): 111-112.
- [3] DZEMIDZIC V, SOKIC E, TIRO A, et al. Computer based assessment of cervical vertebral maturation stages using digital lateral cephalograms[J]. *Acta Inform Med*, 2015, 23(6): 364-368.
- [4] CHATZIGIANNI A, HALAZONETIS D J. Geometric morphometric evaluation of cervical vertebrae shape and its relationship to skeletal maturation[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(4): 481.e1-481.e9. discussion 481-483.
- [5] LEI T, JIA X, ZHANG Y, et al. Superpixel-based fast fuzzy c-means clustering for color image segmentation [J]. *IEEE T Fuzzy Syst*, 2019, 27(9): 1753-1766.
- [6] CHEN L, LIN J, XU T, et al. The longitudinal sagittal growth changes of maxilla and mandible according to quantitative cervical vertebral maturation[J]. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*, 2009, 29(2): 251-256.
- [7] MCNAMARA J A JR, FRANCHI L. The cervical vertebral maturation method: a user's guide[J]. *Angle Orthod*, 2018, 88(2): 133-143.
- [8] KAPILA S. Facial growth during adolescence in early, average and late maturers[J]. *Angle Orthod*, 1992, 62(4): 245-246.
- [9] PASCIUTI E, FRANCHI L, BACCETTI T, et al. Comparison of three methods to assess individual skeletal maturity[J]. *J Orofac Orthop*, 2013, 74(5): 397-408.
- [10] PERINETTI G, BRAGA C, CONTARDO L, et al. Cervical vertebral maturation: are postpubertal stages attained in all subjects?[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2020, 157(3): 305-312.
- [11] CARTER J B, STONE J D, CLARK R S, et al. Applications of cone-beam computed tomography in oral and maxillofacial surgery: an overview of published indications and clinical usage in united states academic centers and oral and maxillofacial surgery practices[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2016, 74(4): 668-679.
- [12] BYUN B R, KIM Y I, YAMAGUCHI T, et al. Quantitative assessment of cervical vertebral maturation using cone beam computed tomography in Korean girls[J]. *Comput Math Methods Med*, 2015, 2015: 405-912.
- [13] BONFIM M A E, COSTA A L F, FUZIY A, et al. Cervical vertebrae maturation index estimates on cone beam CT: 3D reconstructions vs sagittal sections[J]. *DentoMaxillofac Radiol*, 2016, 45(1): 20150162.
- [14] PERINETTI G, BIANCHET A, FRANCHI L, et al. Cervical vertebral maturation: an objective and

- transparent code staging system applied to a 6-year longitudinal investigation[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2017, 151(5): 898-906.
- [15] GRAY S, BENNANI H, KIESER J A, et al. Morphometric analysis of cervical vertebrae in relation to mandibular growth[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2016, 149(1): 92-98.
- [16] BAPTISTA R S, QUAGLIO C L, MOURAD L M E H, et al. A semi-automated method for bone age assessment using cervical vertebral maturation[J]. **Angle Orthod**, 2012, 82(4): 658-662.
- [17] AMASYA H, YILDIRIM D, AYDOGAN T, et al. Cervical vertebral maturation assessment on lateral cephalometric radiographs using artificial intelligence: comparison of machine learning classifier models[J]. **DentoMaxillofac Radiol**, 2020, 49(5): 20190441.
- [18] 宋熙煜, 周利莉, 李中国, 等. 图像分割中的超像素方法研究综述[J]. **中国图象图形学报**, 2015, 20(5): 599-608.
SONG Xiyu, ZHOU Lili, LI Zhongguo, et al. Review on superpixel methods in image segmentation[J]. **Journal of Image and Graphics**, 2015, 20(5): 599-608. (in Chinese)
- [19] CHEN L L, XU T M, JIANG J H, et al. Quantitative cervical vertebral maturation assessment in adolescents with normal occlusion: a mixed longitudinal study[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2008, 134(6): 720.e1-720.e7. discussion 720-721.
- [20] CHOI Y K, KIM J, YAMAGUCHI T, et al. Cervical vertebral body's volume as a new parameter for predicting the skeletal maturation stages[J]. **Biomed Res Int**, 2016, 2016: 8696735-.
- [21] BYUN B R, KIM Y I, YAMAGUCHI T, et al. Quantitative skeletal maturation estimation using cone-beam computed tomography-generated cervical vertebral images: a pilot study in 5- to 18-year-old Japanese children[J]. **Clin Oral Investig**, 2015, 19(8): 2133-2140.
- [22] O'REILLY M T, YANNIELLO G J. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae—a longitudinal cephalometric study[J]. **Angle Orthod**, 1988, 58(2): 179-184.
- [23] MITO T, SATO K, MITANI H. Predicting mandibular growth potential with cervical vertebral bone age[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2003, 124(2): 173-177.
- [24] CHEN F, TERADA K, HANADA K. A special method of predicting mandibular growth potential for class III malocclusion[J]. **Angle Orthod**, 2005, 75(2): 191-195.
- [25] SRINIVASAN B, PADMANABHAN S, CHITHARANJAN A B. Constancy of cervical vertebral maturation indicator in adults: a cross-sectional study[J]. **Int Orthod**, 2018, 16(3): 486-498.

[本文编辑 余方 刘丽娜]

· 学术动态 ·

宋雪梅教授、谭忠林主任医师团队与Georg Northoff 教授合作
揭示抑郁障碍的感知异常及其机制

2021年4月16日,《分子精神病学》(*Molecular Psychiatry*)在线发表浙江大学宋雪梅研究员、谭忠林主任医师团队与加拿大渥太华大学精神卫生研究所的Georg Northoff教授合作研究成果“Reduction of higher-order occipital GABA and impaired visual perception in acute major depressive disorder”(https://www.nature.com/articles/s41380-021-01090-5),揭示了抑郁患者的感知异常及其脑分子生物学机制。

研究人员采用心理物理的实验方法检测了70位重性抑郁障碍患者的运动视觉感知能力,并与52位健康被试者进行了比较。受试者被要求判断移动光栅刺激的运动方向。抑郁患者与健康被试者比较,需要更长的时间才能正确判断小光栅的运动方向,并且识别差异的外周抑制功能更弱。这可能是由于抑郁患者内在对外部世界运动的跟随能力下降引起的。这项研究发现:抑郁患者外周抑制能力越弱,抑郁严重程度越重。那么抑郁患者运动视觉感知异常来自哪里?研究人员采用7T研究了18位重性抑郁障碍患者的中颞叶视皮层(hMT+)的兴奋性和抑制性神经递质浓度,并与20位健康被试者比较。结果发现抑郁患者hMT+脑区的兴奋性和抑制性的神经递质浓度明显不足。这削弱了抑郁患者正确感知和跟随外部运动视觉刺激的能力,即他们的大脑没有足够的和充分快的行动力去跟随外部世界的运动视觉刺激。这项研究成果展示了抑郁患者存在感知觉异常,从而有望开启对抑郁障碍治疗的新方向。

宋雪梅、胡希文、李哲为论文第一作者。研究获得国家重点研发计划、国家自然科学基金、中央高校基本科研业务费、浙江省重点研发计划等资助。