

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2020.10.002

• 专家论坛 •

眼动仪在口腔医学审美临床中的研究与应用

包柏成, 王茜

中山大学光华口腔医学院·附属口腔医院正畸科, 广东省口腔医学重点实验室, 广东 广州(510055)



【通信作者简介】 包柏成, 医学博士, 主任医师, 硕士生导师, 现就职于中山大学光华口腔医学院·附属口腔医院正畸科。曾任第四届中华口腔医学会理事、第二、三、四届中华口腔正畸专业委员会委员、第一届广东省口腔正畸专业委员会副主任委员、北京大学医学人文研究院医学美学研究中心客座研究员、《中华口腔医学研究》电子版、《中华医学美学美容杂志》、《口腔疾病防治》编委。先后于《American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics》、《European Journal of Orthodontics》和《Australian Journal of Orthodontics》等正畸学杂志发表正畸美学相关研究论文。

【摘要】 眼动仪是一种可以记录人在处理视觉信息时的眼动轨迹特征的仪器, 是心理学基础研究的重要仪器。在口腔医学审美研究中, 眼动仪能反映观察者客观的审美眼动模式, 并揭示背后的审美心理规律, 是目前口腔医学审美研究中的热点。本文概述了口腔医学审美的主要研究方法, 以眼动探测法为重点, 对其在口腔医学审美的前沿研究进行述评。眼动探测法描述了不同口腔相关人群对面孔有着不同的眼动模式规律, 以及同一人群观察口腔患者和正常人群面部的不同眼动模式的现象, 表明观察者的人格特征、个人经历、所处的社会环境以及被观察对象的特征性面部特点等因素会影响眼动模式, 此现象揭示了影响不同个体和人群审美形成差异的因素和背后的心理机制。

【关键词】 口腔颌面部; 美学; 审美心理学; 正畸; 错殆; 眼动探测法; 问卷法; 功能磁共振; 眼动模式

【中图分类号】 R782.2 【文献标志码】 A 【文章编号】 2096-1456(2020)10-0623-07

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



【引用著录格式】 包柏成, 王茜. 眼动仪在口腔医学审美临床中的研究与应用[J]. 口腔疾病防治, 2020, 28(10): 623-629.

Study and application of an eye tracking technique in dental aesthetics BAO Baicheng, WANG Xi. Department of Orthodontics, Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: BAO Baicheng, Email: baobaicheng@163.com, Tel: 86-20-83740389

【Abstract】 Eye tracker is an instrument that can record the characteristics of eye movement when people process visual information. This instrument is important for basic psychological research. In the study of dental aesthetics, an eye tracker reflects the observer's objective eye movement pattern and reveals the underlying aesthetic psychology. This paper summarizes the major research methods of dental aesthetics while focusing on eye-tracking studies in oral aesthetics. Eye tracking studies show that different population has different eye movement patterns when observing the same faces, while the same population can have different eye movement patterns when observing the faces of dental patients and normal people. This finding reveals that the personal characteristics and experience, the social environment and the featured facial structure of the observed individuals can influence eye movement patterns. This study also shows the factors that cause the aesthetic differences among different individuals and groups, as well as the psychological mechanisms.

【收稿日期】 2019-11-18; 【修回日期】 2020-04-16

【基金项目】 广东省科技计划项目(20108080701068)

【通信作者】 包柏成, 主任医师, 博士, Email: baobaicheng@163.com, Tel: 86-20-83740389

【Key words】 oral and maxillofacial; aesthetics; aesthetic psychology; orthodontics; malocclusion; eye tracking technique; questionnaire; functional magnetic resonance imaging; eye movement pattern

J Prev Treat Stomatol Dis, 2020, 28(10): 623-629.

伴随现代医学模式的兴起,医学与美学日益繁荣。在此背景下,口腔医学审美的理论和实践研究日益受到重视。近几年,本团队利用问卷法(questionnaire)、功能磁共振法(functional magnetic resonance imaging, fMRI)和眼动探测法(eye tracking technique)等各种研究手段,对口腔颌面部审美的规律进行了研究,为口腔相应临床工作的开展提供了美学理论依据。本文以眼动探测法为重点,将本团队以及国内外同行在口腔医学审美中的研究方法和成果进行总结。

1 口腔医学颜面部审美的研究方法

1.1 形态学研究方法

口腔医学审美的研究中,硬组织和软组织的客观记录和评估是研究的基础。硬组织的研究手段主要包括X线片测量、锥形束CT(cone beam CT, CBCT)等。软组织的研究手段主要有X线片测量、云纹照片测量、三维软组织成像等。软硬组织的形态学美学的研究逐渐从二维分析发展到三维分析,从静态分析发展到动态分析。形态学的研究可以与其他研究手段相结合,包括人工智能手段^[1]和心理学研究手段^[2]等,以达到颜面部与口唇部美学研究的目的。

1.2 心理学研究方法

问卷法、fMRI法和眼动探测法是心理学常用的研究手段,同时也是口腔医学审美的主要研究手段。问卷法作为最经典的研究手段,主要从行为学的角度出发,通过量表研究人们对口腔治疗中各美学指标的期望以及影响美学期望的因素和心理等^[3]。然而,问卷法易受到问卷问题的主观诱导,其应用有局限性。fMRI是心理学基础研究的重要仪器。在审美的研究中,fMRI法从神经美学的角度客观地描述了审美的脑机制^[4]。眼动仪同样作为心理学基础研究的仪器,近年来也逐渐被应用在审美认知领域的研究中^[5-6]。相比其他方法,眼动探测法更直接、客观地揭示了哪个区域对于被试者而言最为重要,以提供更为客观的审美规律。审美心理学的研究方法从问卷法逐步深入到研究审美脑机制的fMRI以及客观眼动规律的眼

动探测法,以更加深入和客观地探究大众审美的心理机制。

1.2.1 问卷法 口腔医学审美的研究中,问卷法是最常用和经典的方法。口腔正畸学中主要使用的经典量表包括了Oral Aesthetic Subjective Impact Scale (OASIS)^[7], Malocclusion Impact Questionnaire (MIQ)^[8]等,用于评估口腔健康相关生活质量^[9]、审美(如牙科美学指数)^[10]或治疗期间的疼痛^[11]等。笔者团队通过将经典正畸学相关量表(Psychosocial Impact of Dental Aesthetics Questionnaire, PIDAQ),结合中国文化改良翻译为中文版的牙科审美社会心理影响量表进行推广使用^[12]。除了经典量表,研究者可根据研究目的自行设计问卷并结合VAS量表等来进行审美心理研究。笔者团队通过设计问卷研究了正畸中最常见的审美元素,如普通人群对侧貌、中线偏移、中线偏斜和露龈笑的审美偏好和容忍度等。其他研究团队也通过使用问卷法对各类影响口腔医学审美的元素进行了大量探究,诸如殆平面倾斜、颊廊间隙和笑弧线等。这些审美元素的相关研究可为口腔医生提供美学参考依据。同时,问卷法也可应用于患者心理和临床决策等研究。

1.2.2 fMRI法 审美体验是大脑感知、认知和情感共同处理的结果,而在神经审美领域中,揭示这个现象背后的神经系统的变化是其主要的研究目标^[13]。fMRI的原理为通过不同脑区的氧含量变化,研究各脑区(如识别、认知、情绪等脑区)在不同刺激下的激活状态,以探究审美过程中的神经机制,从中枢神经系统解释审美模式的普遍共性及个体差异性^[14]。fMRI被应用于音乐^[15]、绘画^[16]和面部审美^[17]等研究。笔者团队通过fMRI研究普通人对正畸前后面孔,高吸引力与低吸引力面孔的审美模式差异,发现枕叶、颞叶、梭状回等脑区参与了正畸前后面孔审美的认知过程;正畸前后的面孔以及高吸引力与低吸引力面孔激活的脑区和强度不同:正畸前面孔相对于正畸后面孔显著引起认知、注意、情绪相关脑区的激活改变,并研究从神经美学机制解释了面孔审美的差异性和复杂性^[18]。

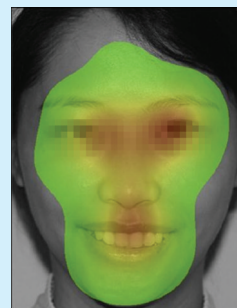
1.2.3 眼动探测法 眼动仪可通过追踪瞳孔记录人在进行各项视觉活动时的视觉轨迹。在视觉刺激后,眼动轨迹受到大脑信号的调控,大脑负责收集及处理视觉信息,因此可一定程度上解释视觉刺激对观察者的心理启示作用^[19]。因眼动数据所提示的心理暗示作用,以及检测的注视密度及注视时长上有高度的可信度及可重复性^[20],眼动仪被广泛地运用于犯罪心理^[21]、心理疾病如自闭症^[22]、精神分裂症^[23]等研究中。近年来,眼动仪被逐渐运用于面孔识别和面部审美的研究中,以下将对眼动法应用于口腔医学审美的研究作详细阐述。

2 眼动仪在口腔医学审美中的应用

2.1 眼动仪应用于口腔医学审美的的工作原理

眼动仪使用视频处理软件,利用红外线或近红外线跟踪瞳孔,利用角膜反射记录视觉变化,以记录人们观察面部时的眼球运动。眼动仪可以记录的眼睛活动指标包括瞳孔直径大小、眼跳次数、注视点持续时间、注视点数量、眼动轨迹、路径长度等。眼睛的运动包括注视、眼跳和追随运动三种形式。这些眼动指标可以直观的反应观察者对观察对象的眼动模式(图1),同时反映受试的潜意识心理活动。神经认知领域的研究表明,人类的视觉感知和其他物种相似,都是由“显著特征”驱动的。即在一个视觉场景中,不同的物体之间存在着视觉竞争。这种竞争一方面是由对象本身的“显著特征”所驱动的,当多种刺激争夺注意力时,注意层次的变化反映了提取面部信息的认知策略。另一方面,人们将注意力集中在期望的感知特征上,是由自上而下的注意力所驱动的^[24],通过追踪观察者的注视位置,眼动仪可以直接测量哪些区域可能有助于面部吸引力的判断^[25]。

研究表明,观察者的视线会被感兴趣的区域或物品所吸引^[24]。注视持续时间越长,表明提取信息越困难或目标更吸引人;首次注视时间越短,表明它越能引起注意等^[26]。注视顺序也反映了观察者兴趣变化的过程,同时也说明了观察者对不同区域关注度的变化^[27]。同样,一些研究表明,被认为是信息丰富的区域或对象可能不会影响最初的注视,但会影响注视密度(注视次数)和注视总持续时间,即信息含量高的对象或区域具有更大的注视密度^[28]。眼动仪在面部审美评价上有其独特的优势。它是一种客观的审美评价工具,并且



The apparent density is red, yellow and green from large to small

Figure 1 Eye movement pattern hot spot map based on fixation duration

图1 根据注视时长生成的眼动模式热点图

可将口腔局部审美与面部整体审美有机结合,在局部和整体审美的相互关系的研究中显现出独特的优势,是对以主观判断为主的问卷法和阐述审美脑机制的fMRI法的重要补充。使用眼动探测法研究面部吸引力,是研究者从全新角度挖掘了影响颜面部或口唇部审美偏好判断的因素。

2.2 正常面部和口腔患者面部的不同眼动审美规律

2.2.1 正常面部的眼动审美规律 之前的眼球追踪研究已经发现,普通观察者在观察正常面孔时的扫描路径是有特点的。正常面部典型的扫描路径模式是三角形的,观察者的注意力主要集中在内部的面部特征上,如眼睛、鼻子和嘴巴,并在典型的扫描路径模式上获得了汇聚证据。在一项关于内部面部特征注意力的研究中,观察者的大部分时间(43%)花在眼睛上,13%时间花在嘴上。另外,人们在观察面部时的眼动模式是相对保守的,且具有高度的可重复性^[29]。

2.2.2 口腔患者面部眼动审美规律 对于错颌畸形、唇腭裂^[30]、前牙龋病^[31]或使用非美学前牙修复^[32]等患者,其颜面部和口唇部的眼动模式有别于正常人。这说明面部的不正常结构使得普通人在观察其颜面部时出现了审美偏倚,这也许是造成这类患者就诊的原因之一。笔者团队的眼动研究结果表明,正畸就诊的患者颜面部眼动模式异常,表现为在微笑时,正畸患者的口唇部得到了更早和更多的注视^[33]。多个研究团队也报道了正畸患者的错颌治疗需要与眼动模式的异常呈正相关^[27, 34],有颌骨关系不调的正畸患者,颌骨关系的异常程度也与眼动模式的异常程度高度相关^[35]。

而正畸治疗可以通过减轻错殆畸形的程度恢复患者的颜面部审美模式。笔者团队的研究结果发现,正畸治疗后,患者原本异常的眼动模式得到了纠正^[33]。Hickman等^[36]研究表明正畸后的患者颜面部各部分并没有特别的视觉偏倚,而嘴也只有10%左右的关注度。以上结果说明,正畸患者的眼动模式是具有特定规律的。笔者团队利用这个规律,将机器学习技术用于眼动数据,让计算机学习各组数据的特征。当新的眼动数据输入后,计算机即能通过分析数据的特征从而对数据进行分类,根据将机器学习技术与正畸患者眼动规律的结合,笔者团队提出利用眼动数据从第三方角度客观判断正畸需求和评价正畸疗效的应用^[33]。

唇腭裂患者的鼻唇部畸形会改变普通人观察其颜面部的眼动模式。与非唇腭裂的人相比,普通人更早及更长时间地关注唇腭裂患者的鼻唇部,同时观察眼睛的时间变短^[37],这种异常的眼动审美模式与其唇腭裂的严重程度相关^[38],唇腭裂手术可以使异常的眼动模式趋于正常化。然而,由于唇腭裂患者先天软硬组织不足,即使在多学科治疗后,眼动研究发现其面部的审美仍会引起第三方的审美偏倚^[39]。此外,唇腭裂患者作为观察者的眼动模式也不同于普通观察者:无论面部有无唇腭裂结构,唇腭裂观察者都更关注面孔的鼻唇部,这也可能是唇腭裂患者潜在社会心理障碍的客观指标。

眼动研究从全新角度阐明了口唇局部审美和颜面部整体审美的交互作用^[27,34,40]。Richards等^[34]学者的研究表明,当口腔正畸治疗需要指数(index of orthodontic treatment need, IOTN)达到7以上,口唇部受到的注视程度与眼睛相当。说明正畸患者眼动模式与治疗需求相关,即IOTN分级法评判的错殆畸形程度越严重,眼动数据显示口唇部得到的注意越多。然而,对于面部吸引力低的女性患者,IOTN 7以下时,其口唇部受到女性观察者的视觉注意并没有随着治疗需求的增加而增加。这提示,女性观察者对于女性患者面部的“不吸引”比牙齿的“不美观”更敏感。而面部吸引力更高的女性患者,女性观察者对于牙齿“不美观”程度的接受能力越低^[27]。同样的效应在男性观察者和男性患者中不明显。笔者团队^[41]在下颌突度对眼动模式影响的研究中发现,患者的面部吸引力会影响观察者对于患者下颌突度的容忍度。对于面部高吸引力的患者,引起观察者注意到下颌突度的阈

值高于面部低吸引力的患者,而一旦超过了阈值,高吸引力患者的下颌突度相较于低吸引力患者引起了观察者更多的关注。这可能提示了普通人对于面部高吸引力患者的下颌突度相较于低吸引力患者有更高的包容度。然而,如果当高吸引力患者下颌突度过大,与面部的高吸引力形成不和谐对比,普通人对高吸引力患者的唇部关注度会迅速升高,提示口唇部过突与面部高吸引力的不和谐使观察者产生消极的审美心理。

以上结果表明,不正常口腔和颜面部外观会引起眼动模式的变化以及观察者对其的审美评判。同时,观察者自身的因素也会深刻影响患者颜面部和口唇部的审美评价。

2.3 审美观差异形成原因及其临床意义

2.3.1 审美观差异形成的先天因素

关于人类吸引力的研究表明,人类的面孔偏好在吸收社会环境的审美观之前就已经初步成型:眼动法研究婴儿对高吸引力和低吸引力面孔的评价注视时间,结果显示婴儿天生就偏爱有吸引力的面孔,因为他们对高吸引力的面孔的注视时间更长^[42]。另一个针对婴儿的眼动研究表明,婴儿对成人面部吸引力的判断与成人相似,但又有不同之处,比如婴儿对对称性或女性面孔也表现出明显的视觉偏好,这与一些成人偏好的研究结果一致,对面部不平均程度或特殊性的视觉偏好与成年人的模式相反^[42]。以上眼动研究表明先天因素影响了面孔审美偏好。

性别因素也是影响审美观的先天因素之一。由于男性和女性在激素和大脑活跃区域方面等存在差异,他们的审美心理与眼动模式也有所差异^[43]。眼动研究表明,男性和女性在面对同样的面孔时,其眼动模式有所不同:女性对眼睛的视觉注意力明显多于男性,男性观察者对嘴部的视觉注意力多于女性^[27,34],这说明男性和女性在面部信息的处理上存在差异。另外,男性和女性错殆畸形患者面孔的眼动模式也有所不同。关于面部吸引力的问卷研究表明,观察者对于女性的评价更为苛刻^[44],而眼球追踪研究也支持了这一观点,即女性错殆畸形患者中,最低的牙齿美学(IOTN 10)与高面部吸引力之间的“不和谐”使得观察者(包括男性和女性观察者)对于女性患者的口唇部注意力迅速提高,而对于男性错殆畸形患者并未观察到此现象^[27]。因此,男性和女性无论作为审美评价者还是被评价者都存在差异。

2.3.2 审美观差异形成的后天因素 人们的审美观受后天的环境影响,包括种族、文化、外界环境和人格等因素。后天的种族及文化因素深刻影响人们的审美观^[45]。西方文化强调独立,来自西方文化的个体往往更善于分析和处理视觉刺激,关注对象及其属性。相反,东亚文化更加内敛,这使东方人更倾向于视觉信息的整体处理。这些特性也表现在了眼动模式上,西方人和东方人观察面部的眼动模式有很大差别:西方人在观察面孔中常采取局部面孔特征筛选策略,而东方人更倾向采取宏观的、集中于面孔中心点的策略。研究者采取扩展聚光灯技术发现,西方人倾向从眼睛获得更多的信息,而东方人则从鼻子处获取更多的信息^[46]。

面孔吸引力判断标准受到后天社会因素等环境影响。有眼动研究表明,婴儿的眼动模式可受到资源困乏环境的影响,包括贫困、营养不良和刺激的缺乏^[47]。另外,特征性人群因教育背景、环境等相似性,其眼动模式具有群体特异性。口腔审美评判的多元化群体包括了医生群体、患者群体等。眼动研究表明,正畸医生、全科医生以及患者对于颜面部和口唇部审美偏好以及对错殆严重程度的感知度皆有所不同^[48]。这说明,不同群体和个体的审美偏好受到教育、个人经历、社会和环境等影响。

患者的人格特征也会影响其审美感知。眼动研究表明,健康人通常更注意别人的不吸引的地方和自己的吸引特征(积极审美)。而负面审美表现为,视觉注意力偏向于一个人的不吸引的特征和其他人的吸引特征。身体畸形障碍(body dysmorphic dysfunction, BDD)是一类常见的心理疾病,占人群中的1.7%~2.4%^[49]。研究者使用眼动技术来检测BDD患者相对于健康对照组的视觉注意力,结果表明BDD患者过分关注负面审美元素,这是该疾病的潜在病因之一。相反,健康人对面部审美有更平衡的关注。BDD患者在寻求正畸时表现为过度关心自己的容貌,放大或者无中生有自身的美学缺陷,同时,内心承受着巨大的压力。更多的眼动研究表明,患有精神疾患的患者,如精神分裂^[50]、抑郁症^[51]等患者的面孔识别和审美心理与健康人不同。

2.3.3 审美观差异形成的临床意义 在口腔治疗中,审美群体具有多元性的特点。除了患者本人以外,专科医生、其他牙科医生以及来自社会上的

普通人等,都构成了治疗审美评判的群体。口腔临床中审美群体众多,各审美群体要达成一致的审美偏好是极困难的。口腔医生应当引导患者在纳入多个审美群体意见的同时形成自己相对稳定的审美意见,使接诊医生和患者本人成为主要的审美主体,从而易于达成较为一致的审美意见。同时,口腔医生应当正确鉴别患者的审美意见是否来源于其本身,或来源于其他审美主体。求治者中不乏因其他审美群体意见而寻求正畸治疗的患者。因此,在青少年患者群体中,需综合考虑孩子和父母的意见,而在成年患者群体中,需明确其审美意见来源,并主要参考其自身审美意见来制定治疗方案。

在同一个审美群体中,由于每个人的审美偏好受到先天和后天多种因素的影响,是具有个体差异性的。口腔医生应当意识到这一点,主动了解并尊重患者的审美观。而对于与事实明显不符的审美偏好,口腔医生应当适当引导患者审美,同时要关注患者的心理因素。如前所述,有心理类疾病的患者的审美偏好与正常人明显不同,口腔医师应在治疗前对患者进行人格评估,掌握患者的心理状态及其审美感知需求,针对患者不同的人格特征采取合理的诊疗措施,对神经质倾向的患者视情况进行必要的心理辅导,以纠正其审美偏移,建立合理的审美心理预期,对有心理疾患的患者应进行正确引导,谨慎进入治疗。

与其他口腔治疗相比,正畸治疗具有周期长、复诊次数多的特点,患者的审美意见很可能随着时间和外界因素的变化而改变。笔者的团队研究表明,正畸医生的专业知识和观点一定程度上可以改变患者的审美偏好。而面对来自网络和生活纷杂的不同声音,患者的审美偏好也可能受影响。同时,随着患者年龄的增长,其“感知、理解、想象和情感”等心理功能也会发生程度不同的变化,对同一现象的审美判断自然也可能发生改变。在漫长的正畸疗程中,正畸医生也应注意患者审美偏好的变化,及时做出正确的引导或调整治疗方案。因此,正畸医生应当通过与患者的沟通,吸收并接纳患者的合理性意见,有针对性地解决主要审美需求。

3 小 结

本文概述了口腔医学审美的前沿方法和结论,重点总结了以眼动仪为主要研究手段所揭示

的口腔医学审美特点以及背后的机制,为口腔临床美学相关的医患沟通提供相关建议。口腔医学审美的相关研究将借助数字化和人文学科的发展,深入全面地探讨审美背后的社会心理学机制,为临床实践提供更坚实的理论依据和指导借鉴。

参考文献

- [1] Patcas R, Bernini DAJ, Volokitin A, et al. Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 48(1): 77-83.
- [2] Abdulraheem S, Bondemark L. Hawthorne effect reporting in orthodontic randomized controlled trials: truth or myth? Blessing or curse?[J]. *Eur J Orthod*, 2018, 40(5): 475-479.
- [3] Yao J, Li DD, Yang YQ, et al. What are patients' expectations of orthodontic treatment: a systematic review[J]. *BMC Oral Health*, 2016, 16: 19.
- [4] Luo Q, Yu M, Li Y, et al. The neural correlates of integrated aesthetics between moral and facial beauty[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 1980.
- [5] Pietruski P, Noszczyk B, Paskal AM, et al. The impact of mastectomy on women's visual perception of breast aesthetics and symmetry: a pilot eye-tracking study[J]. *Aesthet Surg J*, 2019. DOI: 10.1093/asj/sjz252.
- [6] Di Dio C, Massaro D, Savazzi FA, et al. Beauty in life: an eye-tracking study on young adults' aesthetic evaluation and vitality judgment of pictorial representations of sleeping and dead subjects [J]. *Psych J*, 2019. DOI: 10.1002/pchj.285.
- [7] da Costa AC, Rodrigues FS, da Fonte PP, et al. Influence of sense of coherence on adolescents' self-perceived dental aesthetics: a cross-sectional study[J]. *BMC Oral Health*, 2017, 17(1): 117.
- [8] Benson PE, Gilchrist F, Farella M. The malocclusion impact questionnaire (MIQ): cross-sectional validation in a group of young people seeking orthodontic treatment in new zealand[J]. *Dent J (Basel)*, 2019, 7(1). DOI: 10.3390/dj7010024.
- [9] Araki M, Yasuda Y, Ogawa T, et al. Associations between malocclusion and oral health-related quality of life among mongolian adolescents[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14(8). DOI: 10.3390/ijerph14080902.
- [10] Deng X, Wang YJ, Deng F, et al. Psychological well-being, dental esthetics, and psychosocial impacts in adolescent orthodontic patients: a prospective longitudinal study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 153(1): 87-96.
- [11] Main CJ. Pain assessment in context: a state of the science review of the McGill pain questionnaire 40 years on[J]. *Pain*, 2016, 157(7): 1387-1399.
- [12] Lin H, Quan C, Guo C, et al. Translation and validation of the Chinese version of the psychosocial impact of dental aesthetics questionnaire[J]. *Eur J Orthod*, 2013, 35(3): 354-360.
- [13] Pearce MT, Zaidel DW, Vartanian O, et al. Neuroaesthetics: the cognitive neuroscience of aesthetic experience[J]. *Perspect Psychol Sci*, 2016, 11(2): 265-279.
- [14] Nadal M, Gallardo V, Marty G. Commentary: neural substrates of embodied natural beauty and social endowed beauty: an fMRI study[J]. *Front Hum Neurosci*, 2017, 11: 596.
- [15] Hale MD, Zaman A, Morrall M, et al. A novel functional magnetic resonance imaging paradigm for the preoperative assessment of auditory perception in a musician undergoing temporal lobe surgery [J]. *World Neurosurg*, 2018, 111: 63-67.
- [16] Kesner L, Grygarova D, Fajnerova I, et al. Perception of direct vs. averted gaze in portrait paintings: an fMRI and eye-tracking study [J]. *Brain Cogn*, 2018, 125: 88-99.
- [17] 廖岚, 曾丽君. 数字化技术在口腔美学修复中的研究进展[J]. *口腔疾病防治*, 2018, 26(7): 409-414.
- Liao L, Zeng LJ. Research progress of digital technology in oral aesthetic restoration[J]. *J Prev Treat Stomatol Dis*, 2018, 26(7): 409-414.
- [18] 郑媛媛, 周智洋, 周晨, 等. 正畸治疗对微笑面孔审美认知影响的功能磁共振研究[J]. *中华口腔医学研究杂志(电子版)*, 2015(1): 69-76.
- Zheng YY, Zhou ZY, Zhou C, et al. The influence of orthodontic treatment on esthetic perception of smiling faces: an functional MRI study[J]. *Chin J Stomatol Res (Electronic Edition)*, 2015(1): 69-76.
- [19] Gerstenberg T, Peterson MF, Goodman ND, et al. Eye-tracking causality[J]. *Psychol Sci*, 2017, 28(12): 1731-1744.
- [20] Sears C, Quigley L, Fernandez A, et al. The reliability of attentional biases for emotional images measured using a free-viewing eye-tracking paradigm[J]. *Behav Res Methods*, 2019, 51(6): 2748 - 2760.
- [21] Millen AE, Hope L, Hillstrom AP, et al. Tracking the truth: the effect of face familiarity on eye fixations during deception[J]. *Q J Exp Psychol (Hove)*, 2017, 70(5): 930-943.
- [22] Black MH, Chen NTM, Iyer KK, et al. Mechanisms of facial emotion recognition in autism spectrum disorders: insights from eye tracking and electroencephalography[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2017, 80: 488-515.
- [23] Bortolon C, Capdevielle D, Salesse RN, et al. Self-Face recognition in schizophrenia: an eye-tracking study[J]. *Front Hum Neurosci*, 2016, 10: 3.
- [24] Kardan O, Henderson JM, Yourganov G, et al. Observers' cognitive states modulate how visual inputs relate to gaze control[J]. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2016, 42(9): 1429-1442.
- [25] Boardman JP, Fletcher-Watson S. What can eye-tracking tell us? [J]. *Arch Dis Child*, 2017, 102(4): 301-302.
- [26] Lodder GM, Scholte RH, Clemens IA, et al. Loneliness and hypervigilance to social cues in females: an eye-tracking study[J]. *PLoS One*, 2015, 10(4): e0125141.
- [27] Baker RS, Fields HW Jr, Beck FM, et al. Objective assessment of the contribution of dental esthetics and facial attractiveness in men via eye tracking[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 153(4): 523-533.

- [28] Rucci M, Poletti M. Control and functions of fixational eye movements[J]. *Annu Rev Vis Sci*, 2015, 1: 499-518.
- [29] Thompson SJ, Foulsham T, Leekam SR, et al. Attention to the face is characterised by a difficult to inhibit first fixation to the eyes[J]. *Acta Psychol (Amst)*, 2019, 193: 229-238.
- [30] Dindaroglu F, Dogan S, Amado S, et al. Visual perception of faces with unilateral and bilateral cleft lip and palate: an eye-tracking study[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2017, 20(1): 44-54.
- [31] Tschammler C, Zimmermann D, Batschkus S, et al. Perception of children with visible untreated and treated caries[J]. *J Dent*, 2018, 74: 37-42.
- [32] Yamamoto M, Torii K, Sato M, et al. Analysis of gaze points for mouth images using an eye tracking system[J]. *J Prosthodont Res*, 2017, 61(4): 379-386.
- [33] Wang X, Cai B, Cao Y, et al. Objective method for evaluating orthodontic treatment from the lay perspective: an eye-tracking study [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2016, 150(4): 601-610.
- [34] Richards MR, Fields HW Jr, Beck FM, et al. Contribution of malocclusion and female facial attractiveness to smile esthetics evaluated by eye tracking[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015, 147(4): 472-482.
- [35] Dindaroglu F, Dogan S, Yalcin A, et al. How are faces with increased and decreased lower facial height perceived visually?[J]. *Int J Comput Dent*, 2017, 20(4): 393-407.
- [36] Hickman L, Firestone AR, Beck FM, et al. Eye fixations when viewing faces[J]. *J Am Dent Assoc*, 2010, 141(1): 40-46.
- [37] Warne CN, Hallac RR, Kane AA, et al. Eye tracking as a proxy for perceptual evaluation of repaired cleft lip[J]. *J Craniofac Surg*, 2019, 30(2): 395-399.
- [38] Morzycki A, Wong A, Hong P, et al. Assessing attentional bias in secondary cleft lip deformities: an eye-tracking study[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2019, 56(2): 257-264.
- [39] Kwong JW, Cai LZ, Azad AD, et al. Assessing the fisher, mohler, and millard techniques of cleft lip repair surgery with eye-tracking technology[J]. *Ann Plast Surg*, 2019, 82(5S Suppl 4): S313-S319.
- [40] Kim SH, Hwang S, Hong YJ, et al. Visual attention during the evaluation of facial attractiveness is influenced by facial angles and smile[J]. *Angle Orthod*, 2018, 88(3): 329-337.
- [41] Huang PS, Cai B, Zhou C, et al. Contribution of the mandible position to the facial profile perception of a female facial profile: an eye tracking study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 156(5): 641-652.
- [42] Griffey JA, Little AC. Infant's visual preferences for facial traits associated with adult attractiveness judgements: data from eye-tracking[J]. *Infant Behav Dev*, 2014, 37(3): 268-275.
- [43] Coutrot A, Binetti N, Harrison C, et al. Face exploration dynamics differentiate men and women[J]. *J Vis*, 2016, 16(14): 16.
- [44] Johnson EK, Fields HW Jr, Beck FM, et al. Role of facial attractiveness in patients with slight-to-borderline treatment need according to the aesthetic component of the index of orthodontic treatment need as judged by eye tracking[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017, 151(2): 297-310.
- [45] Hu CS, Wang Q, Han T, et al. Differential emotion attribution to neutral faces of own and other races[J]. *Cogn Emot*, 2017, 31(2): 360-368.
- [46] Cohen AS, Sasaki JY, German TC, et al. Automatic mechanisms for social attention are culturally penetrable[J]. *Cogn Sci*, 2017, 41(1): 242-258.
- [47] Forssman L, Ashorn P, Ashorn U, et al. Eye-tracking-based assessment of cognitive function in low-resource settings[J]. *Arch Dis Child*, 2017, 102(4): 301-302.
- [48] Leandro de Oliveira W, Saga AY, Ignacio SA, et al. Comparative study between different groups of esthetic component of the index of orthodontic treatment need and eye tracking[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 156(1): 67-74.
- [49] Beilharz F, Castle DJ, Grace S, et al. A systematic review of visual processing and associated treatments in body dysmorphic disorder [J]. *Acta Psychiatr Scand*, 2017, 136(1): 16-36.
- [50] Jang SK, Kim S, Kim CY, et al. Attentional processing of emotional faces in schizophrenia: evidence from eye tracking[J]. *J Abnorm Psychol*, 2016, 125(7): 894-906.
- [51] Sanchez A, Romero N, De Raedt R. Depression-related difficulties disengaging from negative faces are associated with sustained attention to negative feedback during social evaluation and predict stress recovery[J]. *PLoS One*, 2017, 12(3): e0175040.

(编辑 周春华,刘楚峰)



官网



公众号