

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2022.12.003

• 基础研究 •

LDF检测正常成人第一恒磨牙牙髓血流量的研究

胡玉萍¹, 杨雪², 张然¹, 覃艳宁¹, 韦方圆¹, 黎淑芳¹

1. 右江民族医学院口腔医学院, 广西 百色(533000); 2. 柳州市人民医院口腔科, 广西 柳州(545006)

【摘要】目的 探讨正常成人的上下颌第一恒磨牙的牙髓血流量(pulpal blood flow, PBF)在生理状态下的“临床正常参考值范围”, 为临床诊疗工作提供参考依据。**方法** 按照激光多普勒血流检测仪的工作原理及操作注意事项, 对正常成人上下颌健康第一恒磨牙采用激光多普勒血流检测仪检测其PBF值, 分析计算其生理状态下的临床正常参考值范围。统计分析PBF值在不同性别、不同牙位和上下颌间的差异性。**结果** 招募正常成人志愿者共200人, 其中平均年龄(22.76 ± 3.26)岁, 男性95人, 女性105人, 第一恒磨牙总数800颗。无论是男性还是女性, 第一恒磨牙左侧和右侧PBF检测值差异无统计学意义($P > 0.05$), 上、下颌第一恒磨牙PBF检测值差异无统计学意义($P > 0.05$)。第一恒磨牙PBF值的性别差异具有统计学意义($P < 0.05$), 女性第一恒磨牙PBF值较男性高, 男性PBF临床正常参考值范围为(8.56 ± 3.25)PU, 女性PBF临床正常参考值范围为(9.51 ± 3.47)PU。**结论** LDF检测正常成人第一恒磨牙PBF值女性较男性高, 同性别的左右侧、上下颌第一恒磨牙PBF值无差异, 其均可作为对照牙的参照选择。

【关键词】 激光多普勒血流检测仪; 成人; 第一恒磨牙; 牙髓血流量; 正常参考值范围; 牙髓活力; 性别; 对照牙

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2022)12-0852-06

【引用著录格式】 胡玉萍, 杨雪, 张然, 等. LDF检测正常成人第一恒磨牙牙髓血流量的研究[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(12): 852-857. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2022.12.003.

Study of pulp blood flow in normal adult first molars detected by laser Doppler flowmetry HU Yuping¹, YANG Xue², ZHANG Ran¹, QIN Yanning¹, WEI Fangyuan¹, LI Shufang¹. 1. School of Stomatology, Youjiang Medical College for Nationalities, Guangxi 533000, China; 2. Department of Stomatology, Liuzhou People's Hospital, Guangxi 545006, China

Corresponding author: LI Shufang, Email: bslshufang@126.com, Tel: 86-13977686710

【Abstract】Objective To explore the "clinical normal reference range" of pulp blood flow (PBF) in the physiological state in an effort to provide a reference for clinical diagnosis and treatment. **Methods** According to the working principle and operational considerations of laser Doppler flowmetry (LDF), the PBF blood flow value of the first molars of the upper and lower mandibles of normal adults was detected by LDF, and the clinical reference value range under physiological conditions was analyzed and calculated. The differences in PBF values by sex, dental position and location (left and right side, upper and lower jaw) were analyzed. **Results** A total of 200 normal adult participants with an average age of (22.76 ± 3.26) years were included. The cohort included 95 males and 105 females, with a total of 800 first molars. Neither the PBF values of the left and right first molars nor the PBF values of the upper and lower first molars in males or females significantly differed ($P > 0.05$). The PBF value for females was higher than that of males. Specifically, the clinical reference PBF values for males and females were (8.56 ± 3.25) PU and (9.51 ± 3.47) PU, respectively. **Conclusion** The PBF values of normal adult first molars in healthy subjects were higher in females than in males, and in the PBF values of first molars of the same sex did not significantly differ between the left side and right side or upper and lower jaw; these values could be used as a reference for the selection of control teeth.

【收稿日期】 2022-05-10; **【修回日期】** 2022-07-06

【基金项目】 广西科技计划项目(桂科计字[2021]159号)

【作者简介】 胡玉萍, 住院医师, 硕士, Email: 1183613354@qq.com

【通信作者】 黎淑芳, 教授/主任医师, 硕士, Email: bslshufang@126.com, Tel: 86-13977686710



微信公众号

【Key words】 laser Doppler flowmetry; adult; first molars; pulp blood flow; normal reference value range; pulp vitality; sex; control teeth

J Prev Treat Stomatol Dis, 2022, 30(12): 852-857.

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from Guangxi Science and Technology Project (No. [2021]159, Gui ke Ji Zi).

龋病是人类的多发病和常见病之一,第一恒磨牙是龋病的好发牙位,对于无症状龋源性露髓患牙的治疗最常见的处理方法是去除所有感染的牙本质或摘除全部牙髓,具有破坏性。近年来,越来越多的学者们达成共识,对因龋露髓的患牙的治疗核心主要是围绕着牙髓-牙本质复合体的保存和治疗^[1-2],即保留牙髓、保存牙髓活力,而保持牙髓活力最常见的方法是活髓保存治疗。牙髓活力是牙髓健康状态的唯一可用的真实指标,换言之,牙髓存活则是评价龋源性露髓成熟恒牙保存活髓是否成功的关键^[3]。当前国内外学者大多数是通过临床一般检查、牙髓冷热测试和电活力测试来判断患牙保髓后的活力情况,而这些传统的牙髓测试主要是依赖于患者的主观反应而做出判断,易因精神紧张状态、牙根发育程度或牙髓的暂时性损伤出现假阴性的结果,目前尚缺乏客观评价牙髓活力的检测方法。

激光多普勒血流检测仪(laser Doppler flowmetry, LDF)是用于检测牙髓活力的热门技术,其有着客观、无创、准确性高的特点^[4-7],可以更好地评估牙髓的健康状态。本研究通过LDF收集正常成人第一恒磨牙的牙髓血流量(pulpal blood flow, PBF)的特征,统计临床正常参考值范围,为较为客观、准确地判断正常成人第一恒磨牙保髓后的牙髓状态提供可靠的检测手段,也为LDF在临床的诊疗工作提供参考依据。

1 资料和方法

1.1 资料收集

随机招募来右江民族医学院附属医院就诊患者及右江民族医学院本科学员,经右江民族医学院附属医院伦理委员会批准(审批号:2019070102),本着自愿的原则,对参与研究的患者或家属术前均要求签署知情同意书。经X线拍片确认第一恒磨牙根尖发育完成,对符合纳入标准的正常成人上下颌第一恒磨牙进行LDF检测,按照标准检测流程测量其PBF值并进行数据采集统计分析。

第一恒磨牙纳入标准:身体健康,第一恒磨牙萌出高度达殆平面,根尖已发育完成,开口度正常;牙体无着色无发育畸形,无龋坏无牙列拥挤,牙周组织正常,口腔卫生状况良好;无充填修复史及正畸矫治史;可有效配合完成LDF检测。排除标准:患有高血压等全身系统性疾病;近期服用心血管系统药物;女性处于月经期或妊娠期;第一恒磨牙畸形或存在病变者。

在正式检测之前,选取50人进行预实验估算样本量,按照公式计算出所需样本总量为192人。根据纳入与排除标准,通过招募于右江民族医学院就读的本科学员及在右江民族医学院附属医院就诊的健康第一恒磨牙正常成人志愿者共200人,平均年龄(22.76 ± 3.26)岁,男性95人,女性105人,测量正常发育成熟的第一恒磨牙共800颗,符合所需样本量要求。

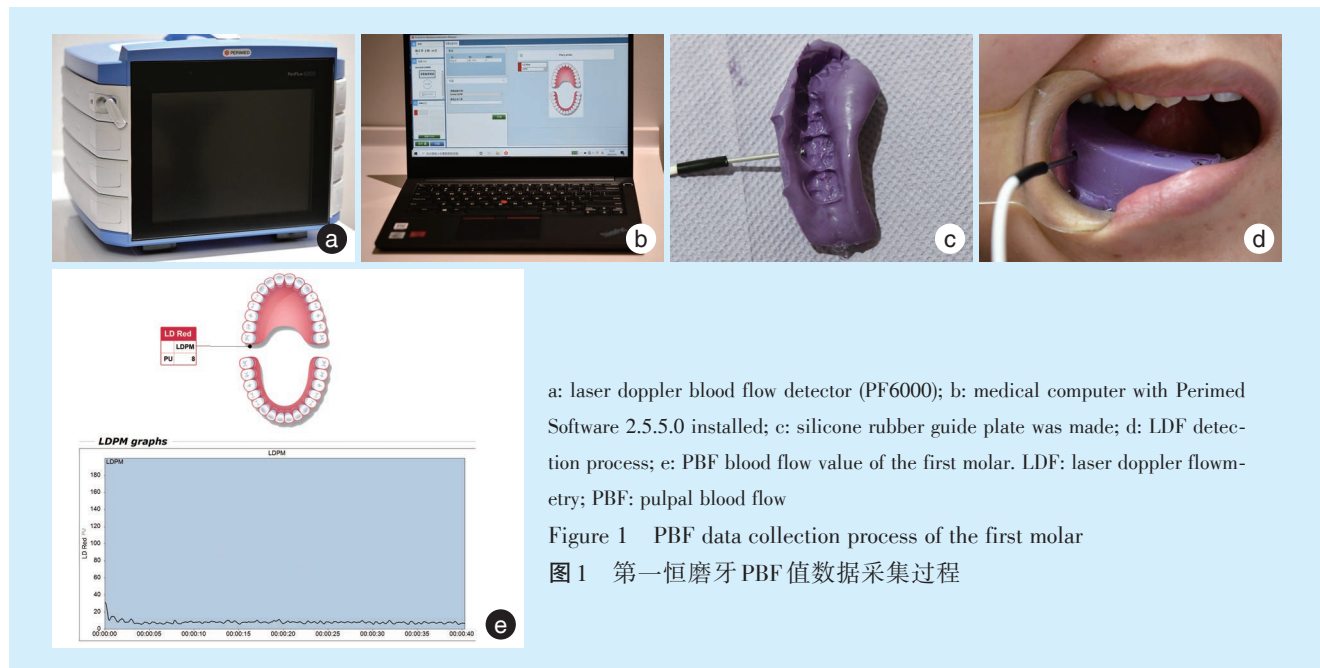
1.2 仪器和方法

1.2.1 制作硅橡胶导板 术前登记受试者的信息,慢速手机和小毛刷清洁受检牙面,吹干受检牙后用上下颌金属印模托盘和硅橡胶印模材料(沪鸽,上海)制取健康第一恒磨牙牙列印模,印模覆盖区域约为第5、6、7号牙三个牙位的宽度,厚度约为3~5 mm,待印模材料硬固后,高速手机配合使用TR13金刚砂车针在第一恒磨牙颊侧龈缘中点龈上约2~3 mm的位置打孔,孔径大小约与探头直径相近,使用三用气枪头吹干印模材料上残余的水分及吹净印模材碎屑。

1.2.2 数据采集过程 为保证研究检测条件相同,本研究受试者均采取坐位,单独于安静密闭的诊室中检测,静息10 min。打开激光多普勒血流检测仪(PERIFLUX6000,瑞典)预热10 min,连接牙髓专用416探头(DP416,瑞典)并插入预先准备好的硅橡胶印模,将印模放入原牙位并检查印模已到位,使用手指轻扶探头以利于探头固定保持平稳,并嘱咐患者保持头部不动、勿吞咽,轻咬硅橡胶印模以更好地牵拉开颊部,保证探头与牙长轴垂直并且不受颊部阻挡,安静状态下等待测量约30 s即得

第一次所测量的结果,重复上述步骤连续测量3次,取3次结果的平均值作为最终该牙的PBF值。依

照上述步骤测量16、26、36、46牙,记录检测结果(图1)。



1.3 统计学分析

将所得的最终检测结果输入SPSS20.0进行数据统计分析,采用SPSS20.0对第一恒磨牙PBF值进行Kolmogorov-Smirnov正态性检验,符合正态分布的计量资料,以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

采用95%可信区间作为PBF正常参考值范围,参考值范围取 $\bar{x} \pm 1.96s$,采用 t 检验统计分析PBF值在不同性别、不同牙位和上下颌间的差异性, $P < 0.05$ 有统计学意义。

2 结果

2.1 第一恒磨牙临床正常参考值范围初步计算

对不同性别成人的第一恒磨牙PBF值进行Kolmogorov-Smirnov正态性检验,结果表明,男性及女性成人第一恒磨牙的PBF检测值符合正态分布

($P > 0.05$)(表1)。

根据区间估计、描述统计,采用正态分布的临床正常参考值范围公式计算本研究正常成人第一恒磨牙的临床正常参考值范围,男性16牙为(8.67 ± 3.70)PU,26牙为(8.44 ± 3.25)PU,36牙为(8.49 ± 2.92)PU,46牙为(8.63 ± 3.12)PU;女性16牙为(9.29 ± 3.70)PU,26牙为(9.60 ± 3.68)PU,36牙为(9.54 ± 3.53)PU,46牙为(9.62 ± 3.57)PU。

2.2 不同性别第一恒磨牙的PBF值比较

对于同一牙位,女性的PBF值较男性稍高,差异具有统计学意义($P < 0.05$)(表2)。

2.3 同一性别不同牙位第一恒磨牙的PBF值比较

同性别成人的16与26牙、36与46牙以及上颌第一恒磨牙与下颌第一恒磨牙之间PBF的差异无统计学意义($P > 0.05$)(表3)。

表1 不同性别正常第一恒磨牙PBF值正态性检验

Table 1 Normality test of PBF values of normal first molars between different sexes

$\bar{x} \pm s$, PU

Tooth position	PBF		Male		Female	
	Male (n = 95)	Female (n = 105)	Kolmogorov-Smirnov Z	P	Kolmogorov-Smirnov Z	P
Tooth 16	8.67 ± 1.89	9.29 ± 1.56	1.222	0.101	1.284	0.074
Tooth 26	8.44 ± 1.66	9.60 ± 1.88	1.232	0.096	1.235	0.095
Tooth 36	8.49 ± 1.50	9.54 ± 1.80	1.342	0.055	1.265	0.082
Tooth 46	8.63 ± 1.59	9.62 ± 1.82	1.310	0.065	1.291	0.071

PBF: pulpal blood flow. $P > 0.05$ conformed to approximate normal distribution

表2 不同性别正常第一恒磨牙PBF值比较

Table 2 Comparison of PBF values of normal first molars between different sexes $\bar{x} \pm s, PU$

Tooth position	PBF		<i>t</i>	<i>P</i>
	Male (<i>n</i> = 95)	Female (<i>n</i> = 105)		
Tooth 16	8.67 ± 1.89	9.29 ± 1.56	-2.512	0.013
Tooth 26	8.44 ± 1.66	9.60 ± 1.88	-4.597	< 0.001
Tooth 36	8.49 ± 1.50	9.54 ± 1.80	-4.458	< 0.001
Tooth 46	8.63 ± 1.59	9.62 ± 1.82	-4.079	< 0.001

PBF: pulpal blood flow

表3 同一性别不同牙位正常第一恒磨牙PBF值比较

Table 3 Comparison of PBF values of normal first molars between different dental sites in the same sex samples

Gender	Tooth position	<i>t</i>	<i>P</i>
Male	Tooth 16 vs. tooth 26	1.136	0.259
	Tooth 36 vs. tooth 46	-0.657	0.513
	Maxillary first molar vs. mandibular first molar	-0.033	0.974
Female	Tooth 16 vs. tooth 26	-1.423	0.158
	Tooth 36 vs. tooth 46	-0.336	0.738
	Maxillary first molar vs. mandibular first molar	-0.847	0.398

PBF: pulpal blood flow

2.4 第一恒磨牙临床正常参考值范围

鉴于相同性别正常成人第一恒磨牙的左右侧及上下颌之间差异不具有统计学意义,因此,将第一恒磨牙的PBF临床正常参考值范围归纳分为男女两组,女性为(9.51 ± 3.47)PU,男性为(8.56 ± 3.25)PU。

3 讨论

LDF是一种客观、不依赖于患者的主观反应、无创、无痛、用于检测牙髓活力状态的方法,在临床上具有较大的应用价值。它依靠光纤发射红外线到达牙髓,经过运动的血细胞发生频移,根据多普勒原理,接收器转换血细胞的频移信号检测血流量和速度,从而检测牙髓活力。PBF单位称为血流灌注单位(perfusion unit, PU)^[8]。有报道指出, LDF能够通过厚度为2~3.5 mm的牙釉质和牙本质^[9],甚至穿透根部深度可达6 mm^[10],也就是说,正常牙体钙化组织的厚度并不影响LDF的穿透性,只要探头能够垂直发射光束于釉质表面, LDF用于测量磨牙牙髓血流是可行的。

LDF是创伤牙齿血运重建的有效监测工具,也是牙髓活力的客观诊断指标。近年来,国内有学

者采用LDF检测分析上前牙PBF的临床正常参考值范围,并将LDF用于评价外伤牙牙髓活力情况,研究表明,与其他牙髓测试相比, LDF的特异度和可信度较高^[11]。LDF在检测行活髓保存治疗牙外伤年轻恒牙的牙髓血流时,能够较准确地反映牙髓活力状态^[12]。在国外,有学者将LDF用于评价牙本质过敏症的牙髓活力、正畸牙PBF以及牙外伤、牙槽外科涉及范围内牙齿的牙髓活力评估方面都具有积极有效的指导意义^[7,13-16]。有学者提出,相对于传统的牙髓测试, LDF在暂时性根尖折断的患牙中也能早期检测出牙髓活力的存在,避免不必要的根管治疗^[6]。研究表明,对于创伤牙齿的牙髓修复治疗, LDF能够早期检测出外伤牙的PBF,并在第10周时检测出患牙实现了血运重建,而此牙齿在第58周时对传统的牙髓测试才有反应, X线辅助检查证实其硬组织正在愈合^[17],即LDF能够早期检测出根折牙齿牙髓的血运重建。而这些都恰恰证明了LDF在检测牙髓活力方面具有一定的优势,通过准确检测PBF有利于客观地评价牙齿的活力。但目前LDF在国内运用于临床时只有前牙的正常参考值范围,尚未见学者统计分析第一恒磨牙的临床正常参考值范围。第一恒磨牙是口腔中萌出最早的恒牙,在口腔建骀中具有重要的引导作用,也是最易因龋病引起牙体缺损甚至缺失的牙齿。因此,统计分析第一恒磨牙的PBF临床正常参考值范围,通过LDF监测PBF,客观地评价第一恒磨牙的牙髓活力情况,对于第一恒磨牙保存和修复均具有积极指导的作用,这也为第一恒磨牙在临床上行活髓保存术的诊疗提供一定的指导意义。

LDF的测量结果容易受激光的穿透程度、牙龈及牙周的影响和外界光的干扰^[8],因此在测量时需不用透明的橡皮障布或者硅橡胶遮挡^[18-19],以保证检测结果的真实性。本研究考虑到一定厚度的硅橡胶对探头起到稳定作用,故选择了厚度为3~5 mm的硅橡胶印模覆盖牙列,既能遮挡外源光又可以固定LDF的探头。为了避免周围牙周组织的影响,又能保证激光探头更好地穿透牙齿硬组织到达牙髓处,大多数学者建议在检测牙龈缘中点龈上约2~3 mm的位置打孔^[20-21]。另外,血压、心率及运动等因素都可以影响血液微循环,因此被测患者须没有使用降压药等心血管系统疾病的药物。在检测之前,被测者静息10 min,保证心率、呼吸平缓,保证检测环境安静,测量时需保持相同的

体位(一般取坐位),检测过程中勿吞咽、说话等,保持静止不动。有学者认为,LDF的测量结果与探头的使用、夹板的使用、测量的时间和从业人员的技能培训等因素密切相关^[22]。本研究中为了提高测量的精确性与可靠性,测量时保持光纤探头与牙体组织表面的垂直,第一恒磨牙的位置较靠后方,因此在测量时嘱咐患者开口度尽可能小,便于最大限度拉开颊部,有利于探头与牙面垂直。同时,采用TR13金刚砂车针打孔,其直径与探头直径相近,结合一定厚度的硅橡胶印模固定探头,使探头保持垂直牙面不松动,该方法能限制手握探头在不同方向上角度的变化,也限制了操作者主观上施加的不可靠的压力,这也在一定程度上利于保障数据的可重复性。此外,LDF操作人员接受LDF使用的最低标准培训也有利于提高临床测量的可靠性。

本研究通过检测正常成人第一恒磨牙PBF值,初步分析计算得出其在生理状态下的“临床参考值范围”。对于第一恒磨牙,男性和女性之间的比较差异具有统计学意义,女性的正常PBF值较男性高;男性或女性的左侧第一恒磨牙和右侧第一恒磨牙之间的PBF值无明显差异,上颌第一恒磨牙和下颌第一恒磨牙的PBF值之间不具有统计学差异。鉴于相同性别正常成人第一恒磨牙的左右侧及上下颌之间差异不具有统计学意义,因此,将第一恒磨牙的PBF临床正常参考值范围归纳分为男女两组,女性为 (9.51 ± 3.47) PU,男性为 (8.56 ± 3.25) PU。

第一恒磨牙于6~7岁左右萌出,一般在3~5年内牙根发育完成。本研究中,对于同一性别的健康第一恒磨牙,不管是左侧还是右侧,亦或是上下颌之间的比较,其牙髓PBF值差异无统计学意义,可能是因第一恒磨牙在同一时期内萌出,其髓腔生长发育差别不大。除此之外,发育成熟的恒牙,其根尖孔已闭合,髓腔内的血流灌注量达到相对稳定的状态也可能是其牙髓PBF值差异无统计学意义的另一个原因。

对于第一恒磨牙,女性的正常PBF值较男性高,这与郭飞飞等^[11]对上颌前牙的检测结果一致。郭飞飞等认为,女性在年轻时的根管直径比男性较大,随着年龄增长,男性的根管直径比女性的减小得更为明显,故在同一年龄段,女性PBF值较男性高。当然,因LDF检测受影响的因素较多,分析这一原因,可能与检测时间点不一有关,也可

能与髓腔的增龄性变化有关,也可能是样本数量较小或者是地区分布的影响,具体影响机制尚需进一步研究。

值得注意的是,本研究的临床正常参考值范围仅限于正常成人第一恒磨牙的年轻受试者,因考虑到地区分布、检测时间等的影响,使用LDF检测第一恒磨牙的PBF值仍需要大样本、多范围的探索研究,其他年龄段的第一恒磨牙PBF正常参考值范围也需要更多的数据证据支撑。

综上可知,对于正常成人的第一恒磨牙,同一性别的第一恒磨牙左右侧、上下颌PBF检测值之间无统计学差异,故第一恒磨牙按男女之分,得出临床正常参考值范围,男性为 (8.56 ± 3.25) PU,女性为 (9.51 ± 3.47) PU。本研究可为临床上客观评价第一恒磨牙的牙髓活力提供一定的参考依据,有利于临床对第一恒磨牙牙髓情况的诊疗工作。

【Author contributions】 Hu YP performed the experiments and wrote the article. Yang X, Zhang R, Qin YN, Wei FY assisted in the processing of research. Li SF designed the study and corrected the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] Ricucci D, Siqueira JF, Li Y, et al. Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure[J]. J Dent, 2019, 86(1): 41-52. doi: 10.1016/j.jdent.2019.05.022.
- [2] 吴补领, 罗奕菲, 徐稳安, 等. 恒牙牙髓炎的活髓保存治疗[J]. 口腔疾病防治, 2021, 29(7): 433-441. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.07.001.
- [3] Wu BL, Luo YF, Xu WA, et al. Vital pulp therapy of pulp inflammation of permanent teeth[J]. J Prev Treat Stomatol, 2021, 29(7): 433-441. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.07.001.
- [4] Alghathiy RA, Qualtrough AJ. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review [J]. Int Endod J, 2017, 50(2): 135-142. doi: 10.1111/iej.12611.
- [5] Mainkar A, Kim SG. Diagnostic accuracy of 5 dental pulp tests: a systematic review and Meta-analysis[J]. J Endod, 2018, 44(5): 694-702. doi: 10.1016/j.joen.2018.01.021.
- [6] Belcheva A, Shindova M, Hanna R. Efficacy of laser Doppler flowmetry, as a diagnostic tool in assessing pulp vitality of traumatised teeth: a split mouth clinical study[J]. J Per Med, 2021, 11(8): 801-813. doi: 10.3390/jpm11080801.
- [7] Roeykens H, De Coster P, Jacquet W, et al. The decisive role of laser Doppler flowmetry for pulp preservation in discolored traumatized teeth[J]. Photobiomodulation Photomedicine Laser Surg, 2021. doi: 10.1089/photob.2020.4907.
- [8] Miron M, Lungeanu D, Ciora E, et al. Using laser-Doppler flowmetry to evaluate the therapeutic response in dentin hypersensitivity [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(23): 8787-8801.

- doi: 10.3390/ijerph17238787.
- [8] Ghouth N, Duggal MS, BaniHani A, et al. The diagnostic accuracy of laser Doppler flowmetry in assessing pulp blood flow in permanent teeth: a systematic review[J]. *Dent Traumatol*, 2018, 34(5): 311-319. doi: 10.1111/edt.12424.
- [9] Vongsavan N, Matthews B. Experiments on extracted teeth into the validity of using laser Doppler techniques for recording pulpal blood flow[J]. *Arch Oral Biol*, 1993, 38(5): 431-439. doi: 10.1016/0003-9969(93)90215-8.
- [10] Ikawa M, Vongsavan N, Horiuchi H. Scattering of laser light directed onto the labial surface of extracted human upper central incisors[J]. *J Endod*, 1999, 25(7): 483-485. doi: 10.1016/S0099-2399(99)80286-6.
- [11] 郭飞飞. 激光多普勒血流检测仪在外伤年轻恒牙髓活力转归中的应用研究[D]. 西安: 中国人民解放军空军军医大学, 2018.
- Guo FF. Application of laser Doppler blood flow detector in pulp vitality of traumatised young permanent teeth[D]. Xi'an: PLA Air Force Military Medical University, 2018.
- [12] 黄定明, 陆倩, 廖茜, 等. 活髓保存治疗之惑及解决之道[J]. *华西口腔医学杂志*, 2017, 35(3): 227-231. doi: 10.7518/hxkq.2017.03.001.
- Huang DM, Lu Q, Liao Q, et al. Confusion and solution for vital pulp therapy[J]. *West Chin J Stomatol*, 2017, 35(3): 227-231. doi: 10.7518/hxkq.2017.03.001.
- [13] Esj AA, Al-Abdallah SY, Na TH. A comparative study of initial changes in pulpal blood flow between clear aligners and fixed orthodontic appliances[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 156(5): 603-610. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.11.013.
- [14] Naoum S, Goonewardene M, Abbott PV, et al. Changes in pulp blood flow and pulp sensibility resulting from surgically assisted rapid maxillary expansion: a clinical study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 155(5): 632-641. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.05.025.
- [15] Ersahan S, Sabuncuoglu FA, Oktay EA. The efficacy of laser Doppler flowmetry, electric pulp test and cold test in diagnosing revascularization of extrusively luxated immature maxillary incisors[J]. *Pak J Med Sci*, 2018, 34(4): 787-793. doi: 10.12669/pjms.344.15524.
- [16] Lima T, Dos Santos SL, Da Silva FT, et al. Vitality tests for pulp diagnosis of traumatized teeth: a systematic review[J]. *J Endod*, 2019, 45(5): 490-499. doi: 10.1016/j.joen.2019.01.014.
- [17] Liao Q, Ye WJ, Yue JL, et al. Self-repaired process of a traumatized maxillary central incisor with pulp infarct after horizontal root fracture monitored by laser Doppler flowmetry combined with tissue oxygen monitor[J]. *J Endod*, 2017, 43(7): 1218-1222. doi: 10.1016/j.joen.2017.03.001.
- [18] Akpınar KE, Er K, Polat S, et al. Effects of gingiva on laser Doppler pulpal blood flow measurements[J]. *J Endod*, 2004, 30(3): 138-140. doi: 10.1097/00004770-200403000-00003.
- [19] Roeykens HJ, Deschepper E, De Moor RJ. Laser Doppler flowmetry: reproducibility, reliability, and diurnal blood flow variations[J]. *Lasers Med Sci*, 2016, 31(6): 1083-1092. doi: 10.1007/s10103-016-1953-4.
- [20] Kijssamanmith K, Timpawat S, Vongsavan N, et al. Pulpal blood flow recorded from human premolar teeth with a laser doppler flow meter using either red or infrared light[J]. *Arch Oral Biol*, 2011, 56(7): 629-633. doi: 10.1016/j.archoralbio.2010.12.003.
- [21] Roeykens H, De Moor R. The use of laser Doppler flowmetry in paediatric dentistry[J]. *Eur Arch Paediatr Dent*, 2011, 12(2): 85-89. doi: 10.1007/BF03262784.
- [22] Kouadio A, Jordana F, Koffi NJ, et al. The use of laser Doppler flowmetry to evaluate oral soft tissue blood flow in humans: a review[J]. *Arch Oral Biol*, 2018, 86(2): 58-71. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.11.009.

(编辑 张琳)



官网