

### 基于偏振参数非直观光学成像的鼻唇沟量化表征

薛璐, 胡文静, 徐彬, 刘学峰, 姚政鹏, 陈智龙, 黄益俊, 熊吉川

#### Quantitative characterization of nasolabial sulcus using polarization parametric indirect macroscopic imaging

引用本文:

薛璐, 胡文静, 徐彬, 刘学峰, 姚政鹏, 陈智龙, 黄益俊, 熊吉川. 基于偏振参数非直观光学成像的鼻唇沟量化表征[J]. *激光技术*, 2023, 47(4): 572–578.

XUE Lu, HU Wenjing, XU Bin, LIU Xuefeng, YAO Zhengpeng, CHEN Zhilong, HUANG Yijun, XIONG Jichuan. Quantitative characterization of nasolabial sulcus using polarization parametric indirect macroscopic imaging[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2023, 47(4): 572–578.

---

#### 您可能感兴趣的其他文章

##### 1. 红外图像多尺度统计和应用先验去模糊模型

引用本文: 何易德, 朱斌, 姜湖海, 等. 红外图像多尺度统计和应用先验去模糊模型[J]. *激光技术*, 2023, 47(3): 360–365.

##### 2. 负支离轴共焦非稳腔过量噪声的研究

引用本文: 吴超, 唐霞辉, 李根, 等. 负支离轴共焦非稳腔过量噪声的研究[J]. *激光技术*, 2016, 40(6): 882–887.

##### 3. 光束参量积对半导体激光器光束质量的评估

引用本文: 杨孝敬, 焦清局, 王乙婷. 光束参量积对半导体激光器光束质量的评估[J]. *激光技术*, 2018, 42(6): 859–861.

##### 4. 3kW射频板条CO<sub>2</sub>激光器抛物面非稳波导腔研究

引用本文: 严拓, 郭海平, 王振, 等. 3kW射频板条CO<sub>2</sub>激光器抛物面非稳波导腔研究[J]. *激光技术*, 2016, 40(6): 796–800.

##### 5. 基于结构相似度评价方法的窗口效应

引用本文: 王强, 张合新, 孟飞, 等. 基于结构相似度评价方法的窗口效应[J]. *激光技术*, 2016, 40(6): 902–906.

文章编号: 1001-3806(2023)04-0572-07

## 基于偏振参数非直观光学成像的鼻唇沟量化表征

薛璐<sup>1</sup>, 胡文静<sup>1</sup>, 徐彬<sup>1</sup>, 刘学峰<sup>1</sup>, 姚政鹏<sup>2</sup>, 陈智龙<sup>3</sup>, 黄益俊<sup>4</sup>, 熊吉川<sup>1\*</sup>

(1. 南京理工大学 电子工程与光电技术学院, 南京 210014; 2. 湖北器长光电股份有限公司, 大冶 435106; 3. 黄石市中医医院 心脑血管病科, 黄石 435002; 4. 大冶市还地桥中心卫生院 外科, 大冶 435112)

**摘要:** 鼻唇沟特征的异常变化是脑卒中面诊的重要依据。为了量化表征鼻唇沟特征, 解决传统中医面诊时难以发现精细特征变化和沟通交流困难的问题, 采用了偏振参数非直观光学成像(PIMI)方法, 利用非直观成像的斯托克斯  $S_1$  参量图谱, 取得了不同年龄的健康人员和脑卒中患者病中、预后的鼻唇沟对称性量化表征数据。结果表明, 健康人员鼻唇沟  $S_1$  图谱特征具有较好的对称性, 鼻肌横部区与上唇提肌区的左右峰值均较为接近; 脑卒中患者患病期鼻唇沟的  $S_1$  图谱明显不对称, 左右峰值大多相差 20 以上, 预后状态鼻唇沟  $S_1$  图谱特征更接近健康人群。该方法有望应用于脑卒中疾病的病情评估及疗效评价, 促进中医数字化的发展。

**关键词:** 成像系统; 鼻唇沟量化表征; 偏振参数非直观光学成像; 光学状态参数; 脑卒中; 中医数字化

**中图分类号:** TN29; R743.3 **文献标志码:** A **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2023.04.020

## Quantitative characterization of nasolabial sulcus using polarization parametric indirect macroscopic imaging

XUE Lu<sup>1</sup>, HU Wenjing<sup>1</sup>, XU Bin<sup>1</sup>, LIU Xuefeng<sup>1</sup>, YAO Zhengpeng<sup>2</sup>,  
CHEN Zhilong<sup>3</sup>, HUANG Yijun<sup>4</sup>, XIONG Jichuan<sup>1</sup>

(1. School of Electronic and Optical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210014, China; 2. Hubei QiChang Optoelectronics Inc, Daye 435106, China; 3. Department of Heart, Brain, Spleen and Stomach Diseases, Huangshi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Huangshi 435002, China; 4. Department of Surgery, Huandiqiao Central Health Center of Daye, Daye 435112, China)

**Abstract:** Abnormal changes of the nasolabial sulcus characteristics are important symptoms of stroke, usually as the basis for the stroke facial diagnosis by traditional Chinese medicine with naked-eye observation. In order to quantify the characteristics of nasolabial sulcus and to solve the problem that it is difficult to find fine feature changes and difficult to communicate information in traditional Chinese medicine facial diagnosis, the polarization parametric indirect macroscopic imaging (PIMI) method was adopted by using the Stokes  $S_1$  parametric image. The nasolabial sulcus characteristics of healthy people, stroke patients, and prognostic people were obtained. The results show that the nasolabial sulcus  $S_1$  data of healthy people has good symmetry, while it is obviously asymmetrical for the stroke patients, and the difference between the left and right peaks is more than 20. It becomes more symmetrical when the stroke patient gets better. This method is expected to be applied to the digital diagnosis of stroke diseases and the evaluation of the treatment process, promoting the development of digital Chinese medicine.

**Key words:** imaging system; quantitative characterization of nasolabial sulcus; polarization parametric indirect macroscopic imaging; optical state parameters; stroke; medical digitalization

### 引言

望诊居中医“望闻问切”四诊之首, 面诊是望诊的

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61827814)

作者简介: 薛璐(2000-), 女, 硕士研究生, 主要从事光学成像的研究。

\* 通讯联系人。E-mail: jichuan.xiong@njust.edu.cn

收稿日期: 2022-06-22; 收到修改稿日期: 2022-10-25

主要判断依据<sup>[1]</sup>。传统的面诊主要依靠医生目测观察和语言文字描述交流记录, 主观性强, 受医生经验影响大, 阻碍了中医诊断治疗和传承发展。面部特征数据量化可以为临床诊断及治疗效果评价提供客观依据, 是中医数字化的必然途径, 具有重要的应用意义<sup>[2-3]</sup>。

脑卒中俗称中风, 致残、死亡率高, 我国脑卒中终生发病风险位居全球首位<sup>[4]</sup>, 受到社会各界广泛关注。脑卒中中医诊疗数据量化一直是学者的研究热

点。由于面部纹理特征数据化的困难性,前期针对中医面诊数据化工作集中于面部温度的不对称性表征上<sup>[5-8]</sup>,但中医临床主要依据鼻唇沟单侧消失或变浅、患侧额纹消失和口角向健侧歪斜等面部异常特征<sup>[9-11]</sup>诊断,要充分发挥中医在脑卒中诊断中的传承和潜力,面部纹理特征的数据量化非常必要。

偏振参数非直观光学成像(polarization parametric indirect macroscopic imaging, PIMI)方法,是利用光子状态对物质的敏感性,通过收集远场光场变化,反演获得多维光量子状态参数图谱,对物质的结构和各向异性具有较高的敏感度。ZHAO 等人<sup>[12]</sup>利用 PIMI 方法研究了胶皮和癌变皮肤切片样本,发现 PIMI 光量子状态参数对皮肤组织的表征能力更强。WANG 等人<sup>[13]</sup>利用 PIMI 方法研究手指皮样本,发现 PIMI 方法比静态偏振成像获取到皮肤更多的信息。

基于 PIMI 光量子状态参数对皮肤组织结构的敏感性,本文作者拟探究 PIMI 技术对面部鼻唇沟特征数据化表征能力,以辅助中医脑卒中诊断和患者治疗及预后效果评估,为传统中医面诊数据量化提供一种可能的技术方法。

### 1 PIMI 技术原理

PIMI 方法通过对入射或出射光的调制,检测光场的远场变化,通过对远场变化的反演获得光量子状态参数图谱,具有较强的分辨能力<sup>[14-18]</sup>。本文中的 PIMI 光路原理图如图 1 所示。主要由发光二极管(light-emitting diode, LED)白光光源、固定偏振片、人脸、旋转偏振片和输出相机等组成。采集过程中,保持固定偏振片不动,通过多次改变旋转偏振片的角度进行原图采集,对原图通过下述计算获得斯托克斯参量图谱。

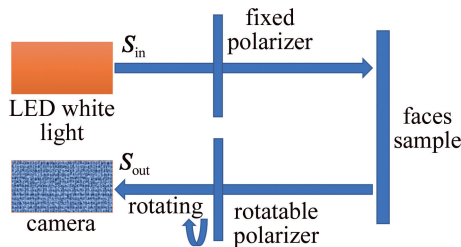


图 1 PIMI 光学成像原理图  
Fig. 1 Principle diagram of PIMI optical imaging

光路的穆勒矩阵关系如下:

$$S_{out} = M_r \cdot M_s \cdot M_f \cdot S_{in} \quad (1)$$

式中, $S_{out}$  为系统出射光的斯托克斯矢量; $M_r$  为旋转偏振片的穆勒矩阵; $M_s$  为人脸的穆勒矩阵; $M_f$  为固定偏振片的穆勒矩阵,与光轴方向平行; $S_{in}$  为入射光源的斯

托克斯矢量:

$$S_{in} = [S_{in,0} \ S_{in,1} \ S_{in,2} \ S_{in,3}]^T \quad (2)$$

式中,斯托克斯参数  $S_{in,0}$  为入射光的总光强; $S_{in,1}$  为水平偏振光强与垂直偏振光强之差; $S_{in,2}$  为  $45^\circ$  偏振光强与  $135^\circ$  偏振光强之差; $S_{in,3}$  为左旋圆偏振光强与右旋圆偏振光强之差。

本文作者将人脸抽象成一个波片加反射镜的穆勒矩阵模型  $M_s$ ,计算过程中入射角  $i$  按  $45^\circ$  处理, $\varphi$  和  $\delta$  分别是线偏振光照射到人脸发生漫反射的过程中产生的消光角和相位差,消光角和相位差与面部皮肤的各向异性及特征直接相关。

$$M_s = M_w M_{45^\circ} = \frac{p^2}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Q & R & \sin(2\varphi)\sin\delta \\ 0 & R & Q & -\cos(2\varphi)\sin\delta \\ 0 & -\sin(2\varphi)\cos(2\delta) & \cos(2\varphi)\sin\delta & \cos\delta \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中, $Q = \cos^2(2\varphi) + \sin^2(2\varphi)\cos\delta$ ,  $R = \cos(2\varphi)\sin(2\varphi) \times (1 - \cos\delta)$ ,  $M_w$  为波片的穆勒矩阵,  $M_{45^\circ}$  为入射角  $i = 45^\circ$  时反射镜的穆勒矩阵,  $p$  为反射系数。

旋转偏振片以固定间隔角度  $\theta$  旋转,经过  $n$  次旋转可以获取  $n$  张不同偏振角度的光强图,其穆勒矩阵可以表示为  $M_{r,\theta}$ :

$$M_{r,\theta} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & \cos(2\theta) & \sin(2\theta) & 0 \\ \cos(2\theta) & \cos^2(2\theta) & \sin(2\theta)\cos(2\theta) & 0 \\ \sin(2\theta) & \sin(2\theta)\cos(2\theta) & \sin^2(2\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

系统最终出射光为  $S_{out}$ :

$$S_{out} = \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} = \frac{p^2}{8} \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 (S_{in,0} + S_{in,1}) \times \begin{bmatrix} 1 + Q\cos(2\theta) + R\sin(2\theta) \\ \cos(2\theta) + Q\cos^2(2\theta) + R\sin(2\theta)\cos(2\theta) \\ \sin(2\theta) + Q\sin(2\theta)\cos(2\theta) + R\sin^2(2\theta) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中,斯托克斯参数  $S_0$  为出射光的总光强; $S_1$  为出射光的水平偏振光强与垂直偏振光强之差; $S_2$  为出射光的  $45^\circ$  偏振光强与  $135^\circ$  偏振光强之差; $S_3$  为出射光的左旋圆偏振光强与右旋圆偏振光强之差。

不同检偏角度光路的出射光强为  $I$ :

$$I = \frac{P^2}{8} \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 (S_{in,0} + S_{in,1}) \times [1 + Q\cos(2\theta) + R\sin(2\theta)] \quad (6)$$

式中,  $n$  为旋转次数。

对(6)式利用  $ABC$  三角函数 ( $I = A + B\cos(2\theta) + C\sin(2\theta)$ ) 的傅里叶数字级数算法, 结合矢量光场光子状态表征, 可以得到相机中对应每一个像素的斯托克斯参量, 最终根据像素坐标得出斯托克斯参量图谱。

## 2 图像采集方法

### 2.1 受试对象

2021年3月至7月, 对未进行过面部整容手术的10例健康对象和7例脑卒中患者进行图像数据收集。健康测试对象无脑卒中病等慢性病史, 近期无全身性疾病, 其中男5例, 女5例, 年龄20~63岁, 平均年龄48岁。脑卒中患者中男性6例, 年龄44~51岁, 女性1例, 年龄76岁。

### 2.2 图像采集方法

作者设计了手持式 PIMI 面部成像设备, 利用手机作为成像器件, 通过外加偏振光学模块和开发的手机应用软件, 能够实现光照模式化调制、图像采集及数据反演, 实现 PIMI 检测, 如图2所示。图像采集在室内进行, 保持弱光环境, 温度  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 湿度  $50\% \sim 60\%$ , 背景吸光性能良好。被测者面部保持干净整洁, 无遮挡, 未涂抹护肤品, 面部正对手持式 PIMI 面部成像设备。使用 MATLAB 对 PIMI  $S_1$  数据图谱进行分析。

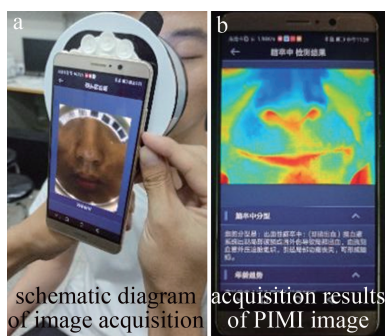


图2 面部鼻唇沟数据采集

Fig. 2 Facial nasolabial fold data collection with PIMI

## 3 结果与分析

### 3.1 实验结果

图3是健康对象面部的 PIMI  $S_1$  图谱, 包括男性、女性及年轻、年长两个维度。由图可见, 不同性别和年龄的健康对象面部鼻唇沟轮廓明显, 呈现出黄色, 具有

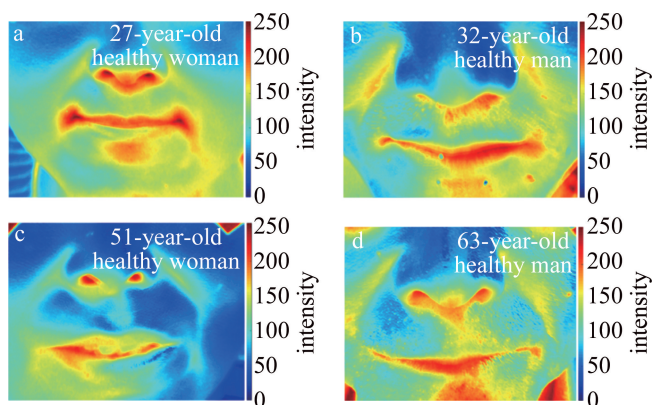


图3 健康女性和男性的 PIMI  $S_1$  图像

Fig. 3 PIMI  $S_1$  images of healthy women and men

较好对称性; 面颊其它区域呈现蓝色, 无明显特征性。

根据诊疗经验, 部分脑卒中患者病中或预后期, 面部静止状态下病症不易观察, 临床医生为了准确判断病情, 通常会观察患者在面部静止和呲牙两个状态下的鼻唇沟特征。图4中拍摄的脑卒中患者于2021-04-11发现患病, 作者于5月1日(病中, 见图4a和图4b)和6月1日(预后, 见图4c和图4d)分别进行了 PIMI 图像的采集。由图4可见, 脑卒中患者患病期右侧鼻唇沟为黄色, 左侧鼻唇沟颜色几乎消失, 即鼻唇沟一侧消失, 对称性消失。患者预后两侧鼻唇沟相比患病期时颜色加深, 对称性有改善。

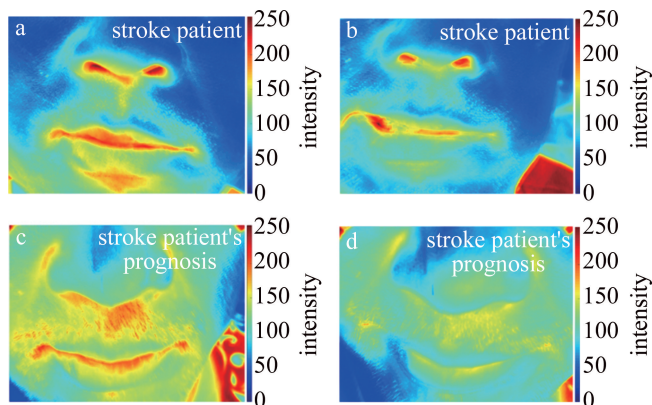


图4 44岁男性中风患者的 PIMI  $S_1$  图像

a, c—面部静止状态 b, d—呲牙状态

Fig. 4 PIMI  $S_1$  images of a 44-year-old male stroke patient

a, c—facial resting state b, d—teeth bared state

### 3.2 讨论

鼻唇沟是从鼻翼两侧延伸至口角外下方的凹陷性面部区域, 从解剖学角度可将鼻唇沟分为上、中、下3段, 上段为鼻肌横部区, 中段为上唇提肌区, 下段为蜗轴区<sup>[19]</sup>。为了更好地研究 PIMI 图像对鼻唇沟特征数据量化的有效性, 选取了鼻翼两侧鼻唇沟(鼻肌横部区)与鼻尖以下和口角以上(上唇提肌区)这两个位置



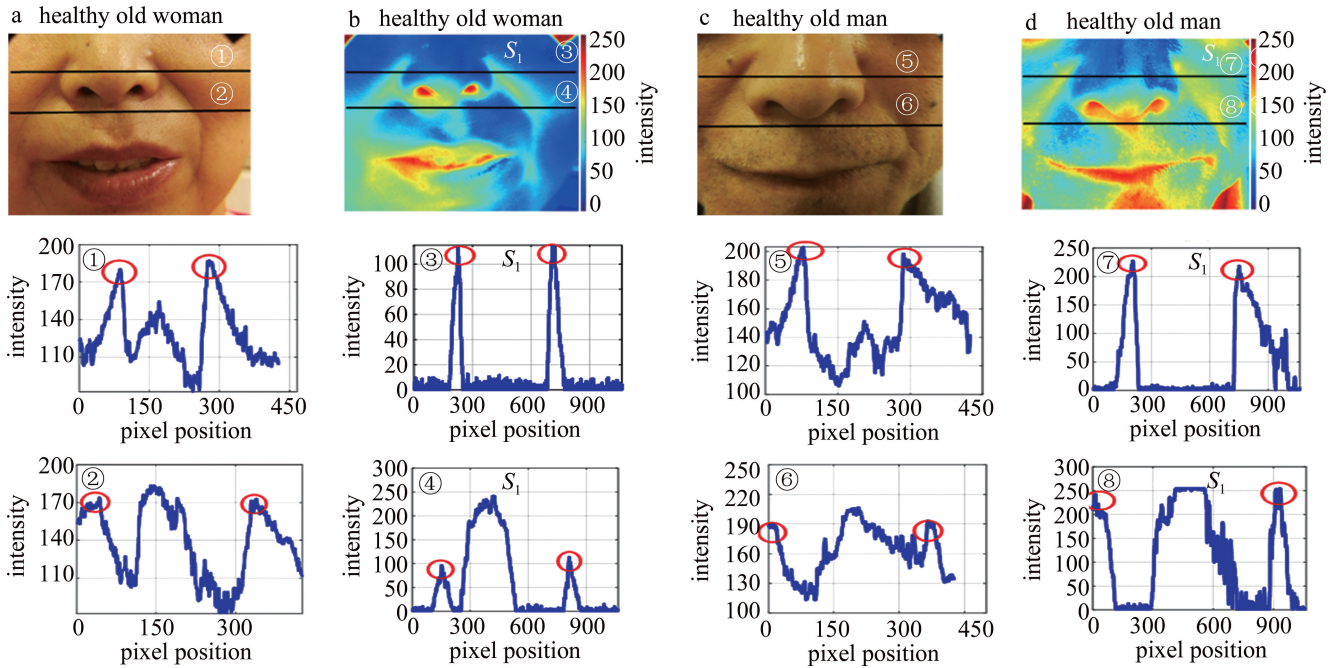


图 5 原始图像和 PIMI  $S_1$  图像的数据分析曲线对比

a,c—面部原始图像及其鼻唇沟区域数据量化结果 b,d—面部 PIMI  $S_1$  图像及其鼻唇沟区域数据量化结果

Fig. 5 Comparison of analysis curves between the original images and the PIMI  $S_1$  images

a,c—original images of the face and quantitative results of data in the nasolabial sulcus region b,d—PIMI  $S_1$  images of the face and quantitative results of data in the nasolabial sulcus region

的鼻唇沟,通过划横线提取  $S_1$  像素值的方法进行量化分析。

年长组女性/男性健康对象的原始图、 $S_1$  图像和提取数据曲线如图 5 所示。两侧鼻唇沟的数据量化对应于红色圈内的峰值,表现出明显的对称性。PIMI  $S_1$  图像与原始图相比,其对应数据曲线上两侧鼻唇沟的数据特征更为明显。对于鼻肌横部区提取的鼻唇沟数据,PIMI  $S_1$  曲线中间平,两端凸现两峰,峰宽相对较窄,对比明显;而原始图对应分析曲线虽具有对应两峰,但辨识度相对较低。与此相比,上唇提肌区的曲线,PIMI  $S_1$  曲线中间增加一个峰,主要源于人中,但两侧鼻唇沟对应的峰明显;而原始图曲线人中峰值宽且杂,鼻唇沟数值辨认困难。由此下文主要利用 PIMI  $S_1$  图谱做鼻唇沟的数据量化表征分析。

图 6 是健康组年轻女性/男性鼻唇沟的 PIMI  $S_1$  数据图谱和数据提取曲线。健康年轻女性/男性鼻肌横部区峰值分别为 200 和 250,上唇提肌区鼻唇沟峰值均为 200 左右,不同测试对象鼻唇沟的 PIMI  $S_1$  数据绝对值虽有不同,但是 PIMI  $S_1$  数据很好地表征了鼻唇沟的对称性。每位健康测试者的鼻唇沟 PIMI  $S_1$  数据量化特征峰值会有不同,这和 WEN 等人关于鼻唇沟解剖一文中总结鼻唇沟深度因人而异特征一致<sup>[20]</sup>。

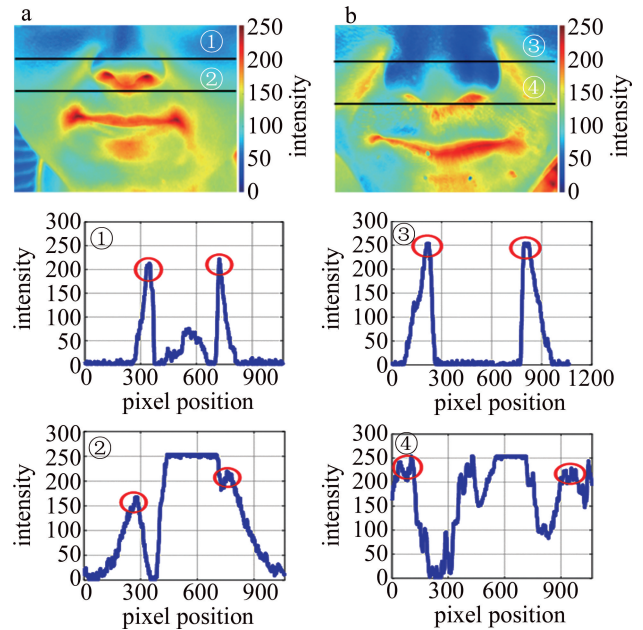


图 6 a—健康年轻女性鼻唇沟区域的 PIMI  $S_1$  图像及其 PIMI  $S_1$  数据量化结果 b—健康年轻男性鼻唇沟区域的 PIMI  $S_1$  图像及其 PIMI  $S_1$  数据量化结果

Fig. 6 a—PIMI  $S_1$  image and quantitative results of PIMI  $S_1$  data in the nasolabial sulcus region of a healthy young woman b—PIMI  $S_1$  image and quantitative results of PIMI  $S_1$  data in the nasolabial sulcus region of a healthy young man

图 7 为 6 名脑卒中患者的鼻唇沟 PIMI  $S_1$  数据图谱和数据提取曲线,患者包含 5 名男性与 1 名女性。

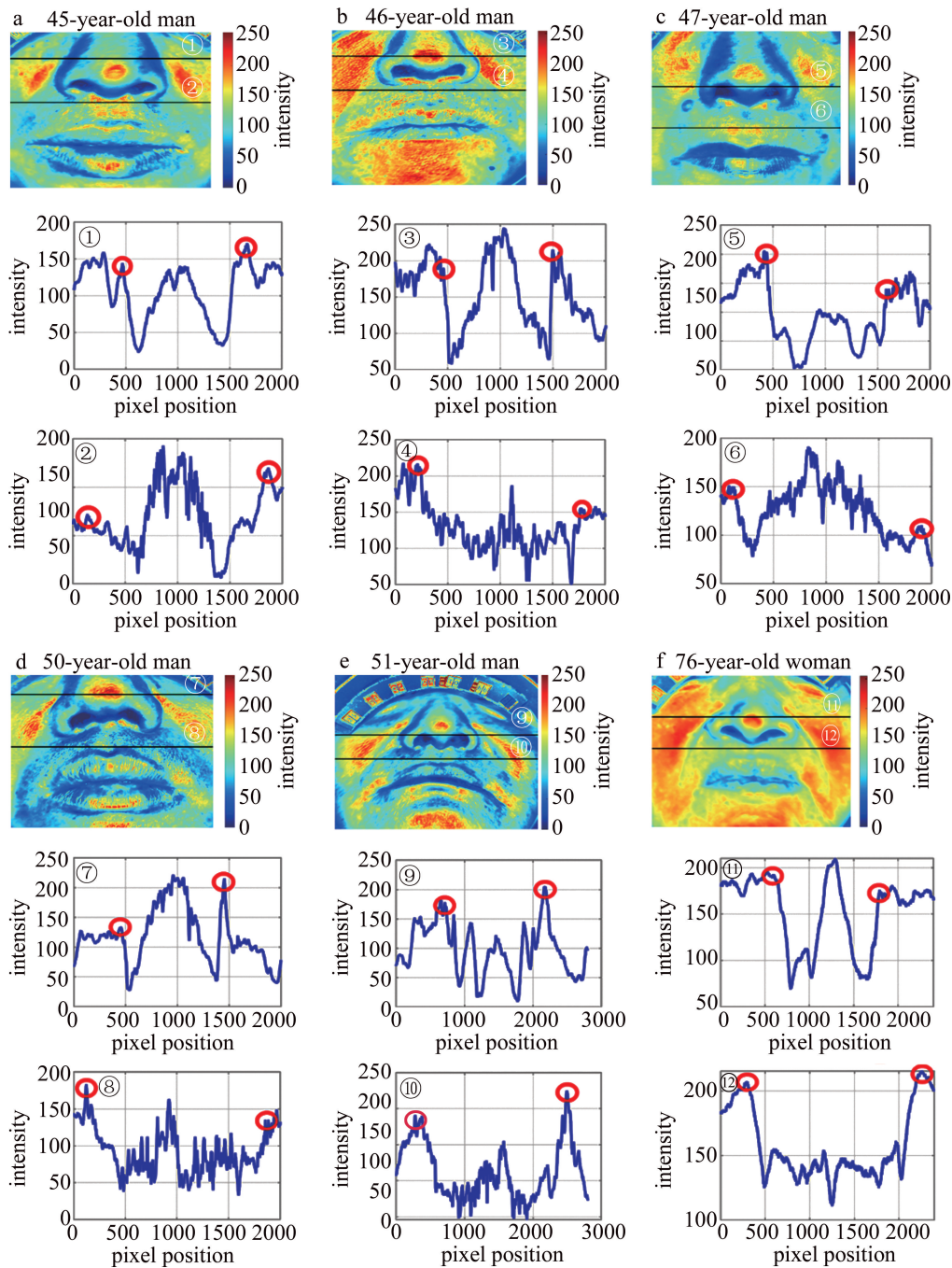


图7 不同年龄脑卒中患者鼻唇沟区域的 PIMI  $S_1$  图像及其 PIMI  $S_1$  数据量化结果

Fig. 7 PIMI  $S_1$  images and quantitative results of PIMI  $S_1$  data in the nasolabial sulcus region of stroke patients of different ages

从数据提取曲线可以看出,6名脑卒中患者的鼻唇沟左右峰值大多相差20以上,均表现出明显的不对称性;6名患者的鼻肌横部区的左右峰值分别相差48、26、66、82、27、16,上唇提肌区的左右峰值分别相差48、66、41、48、55、8,与健康人群相比,左右峰的差值较大。

为了进一步研究 PIMI  $S_1$  图谱对面部鼻唇沟数据量化的效果,采集了某男性脑卒中患者患病期和预后期的 PIMI 图像,对鼻唇沟进行了 PIMI  $S_1$  数据图谱分

析和对比,如图8和图9所示,分别为面部静止状态和呲牙状态的对比分析。

患者面部静止状态时,病中时鼻肌横部区横线左侧  $S_1$  峰值35,右侧峰值非常不明显,与周围值相近,约为10左右;上唇提肌区则鼻唇沟对应峰值完全消失;即鼻唇沟一侧消失,左右两侧鼻唇沟不对称。预后期鼻肌横部区的横线  $S_1$  左右峰值对称较好,上唇提肌区横线  $S_1$  数据峰值略有显现,虽不突出,但与患病期



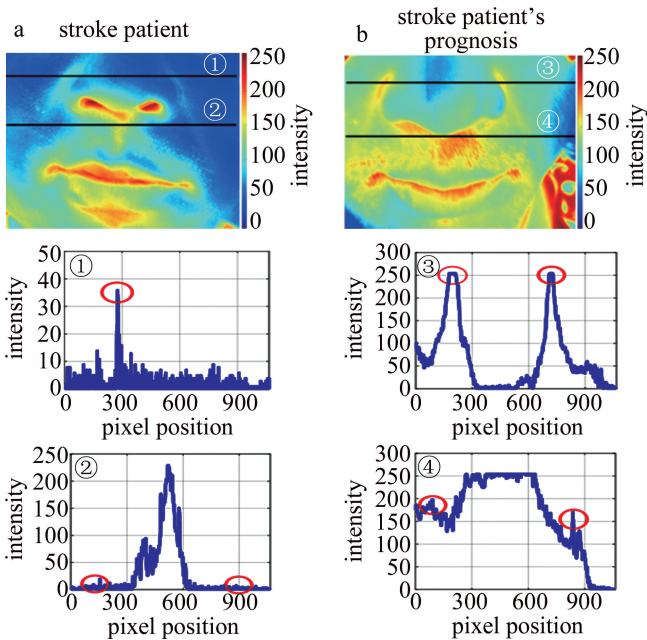


图 8 脑卒中患者鼻唇沟区域在面部静止状态下不同时间段的 PIMI  $S_1$  图像及其 PIMI  $S_1$  数据量化结果  
Fig. 8 PIMI  $S_1$  images and quantitative results of PIMI  $S_1$  data in the nasolabial sulcus region of stroke patients in the facial resting state at different times

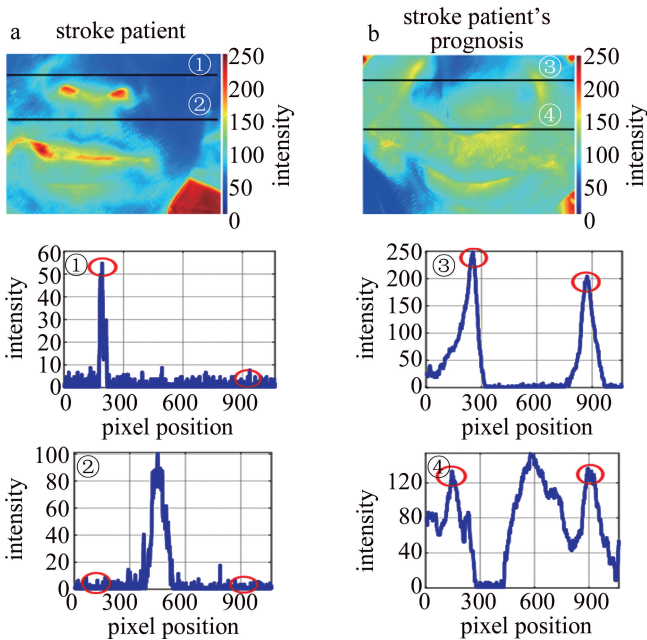


图 9 脑卒中患者鼻唇沟区域在呲牙状态下不同时间段的 PIMI  $S_1$  图像及其 PIMI  $S_1$  数据量化结果  
Fig. 9 PIMI  $S_1$  images and quantitative results of PIMI  $S_1$  data in the nasolabial sulcus region of stroke patients in the teeth bared state at different times

对比可看出变化。患者呲牙状态时,由  $S_1$  曲线可见,病中患者鼻唇沟一侧消失。预后鼻肌横部区数据左右峰值明显,但有一侧鼻唇沟对应峰值明显偏低,即鼻唇

沟一侧变浅;上唇提肌区鼻唇沟峰值不明显,量化数值不对称。

## 4 结 论

对测试对象的面部进行了 PIMI 成像,且对鼻唇沟对称特征进行了数据量化和分析,结果表明,PIMI  $S_1$  图像对健康和患者面部鼻唇沟的量化特征有区别,健康人员鼻唇沟  $S_1$  图谱特征具有较好的对称性,脑卒中患者患病期鼻唇沟的  $S_1$  图谱明显不对称,患者预后状态鼻唇沟  $S_1$  图谱有所变化,接近健康人群的对称状态。因调研和观察的患者数据量较少,后续还需收集大量病例样本进行进一步验证,结合深度学习研究方法基于 PIMI 技术脑卒中患者面部纹理对称特征的判别标准。

## 参 考 文 献

- [1] GUAN X, XU Y, YANG Sh, *et al.* Research on the relationship between the characteristics of traditional Chinese medicine facial diagnosis and disease[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2022, 37(2): 902-905(in Chinese). 关茜,徐莹,杨帅,等. 中医面诊特征与疾病关系探究[J]. 中华中医药杂志,2022,37(2):902-905.
- [2] YAN X J, ZHOU M L, QIAN P, *et al.* Research progress on the objectification of TCM face diagnosis under the background of its clinical application[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2021,36(4):2199-2201(in Chinese). 严夏继,周茂琳,钱鹏,等. 当代临床背景下面诊客观化的研究进展[J]. 中华中医药杂志,2021,36(4):2199-2201.
- [3] ZHAO J, LIU M, GUO Sh Zh, *et al.* Analysis on the facial diagnosis objectification of traditional Chinese medicine[J]. Tianjin Journal of Traditional Chinese Medicine, 2017,34(10):718-720(in Chinese). 赵静,刘明,郭世珍,等. 中医面诊客观化研究进展浅析[J]. 天津中医药,2017,34(10):718-720.
- [4] REPORT ON STROKE PREVENTION AND TREATMENT IN CHINA WRITING GROUP. Brief report on stroke prevention and treatment in China,2019 [J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2020,17(5):272-281(in Chinese). 《中国脑卒中防治报告》编写组.《中国脑卒中防治报告 2019》概要[J]. 中国脑血管病杂志,2020,17(5):272-281.
- [5] LIU L Q, PENG M H. Infrared thermal imaging evaluation of 60 cases of central facial paralysis treated with acupuncture and medicine[J]. Health Protection and Promotion, 2019(8):98-99(in Chinese). 刘立群,彭敏红. 红外热成像评价针药结合治疗中枢性面瘫 60 例[J]. 现代养生(下半月版),2019(8):98-99.
- [6] LIU X L, HONG W X, ZHANG T, *et al.* Objective assessment of facial paralysis using local binary pattern in infrared thermography[J]. Journal of Biomedical Engineering, 2013, 30(1): 34-38(in Chinese). 刘旭龙,洪文学,张涛,等. 基于红外热像 LBP 的面瘫客观评估方法[J]. 生物医学工程学杂志, 2013,30(1): 34-38.
- [7] LI H J, SHA Sh, LI T T. Study on facial infrared imaging diagnosis method[J]. Chinese Journal of Basic Medicine in Traditional Medi-

- cine. 2012, 18(7): 787-790(in Chinese).  
李洪娟,沙莎,李婷婷. 面部红外成像诊法研究[J]. 中国中医基础医学杂志,2012,18(7): 787-790.
- [8] QIN Y, ZHANG W Zh, CHEN Y, *et al.* Characteristics of infrared thermography in the head and face of stroke patients[J]. Chinese Journal of Basic Medicine in Traditional Medicine, 2018, 24(1): 54-55(in Chinese).  
秦钰,张文征,陈颖,等. 中风患者头面部红外热像图特征初探[J]. 中国中医基础医学杂志, 2018,24(1): 54-55.
- [9] HUANG X, ZHANG G M, GAO Y, *et al.* Analysis of stroke cases with unstable walking based on wind[J]. Global Traditional Chinese Medicine, 2020, 13(8): 1364-1366 (in Chinese).  
黄幸,张根明,高颖,等. 从风论治行走不稳的卒中病例分析[J]. 环球中医药,2020,13(8): 1364-1366.
- [10] ZHU M F, WANG Ch X. Case report on comprehensive management of patients with post-stroke depression and insomnia with cognitive behavioral therapy[J]. Chinese Journal of Stroke, 2018, 13(5): 504-507 (in Chinese).  
朱梅芳,王春雪. 以认知行为治疗综合管理卒中后抑郁伴失眠患者病例报道[J]. 中国卒中杂志,2018,13(5): 504-507.
- [11] LI P H, YANG T, MENG Y. Therapy of integrated medicine in the treatment of progressive cerebral infarction for one case[J]. Chinese Medicine Modern Distance Education of China, 2016, 14(10): 132-133 (in Chinese).  
李鹏辉,羊田,孟毅. 中西医结合治疗进展性脑梗死1例[J]. 中国中医药现代远程教育,2016,14(10): 132-133.
- [12] ZHAO J, LIU X F, XIONG J C, *et al.* Investigation of skin structures based on infrared wave parameter indirect microscopic imaging [J]. Proceedings of the SPIE, 2017,10250: 102500Q.
- [13] WANG W Z, YADAV N P, CAO Y, *et al.* Finger Skin super-resolved imaging based on extracting polarized light field[J]. Optik—International Journal for Light and Electron Optics, 2018, 180:215-219.
- [14] ULLAH K, LIU X, HABIB M, *et al.* Subwavelength far field imaging of nanoparticles with parametric indirect microscopic imaging [J]. ACS Photonics, 2018, 5(4): 1388-1397.
- [15] LIU X, QIU B, CHEN Q, *et al.* Characterization of graphene layers using super resolution polarization parameter indirect microscopic imaging[J]. Optics Express, 2014, 22(17): 20446-20456.
- [16] LIU W P, XIONG J C, LIU J, *et al.* Polarization multi-parametric imaging method for the inspection of cervix cell[J]. Optics Communication, 2021, 488: 126846.
- [17] XIONG J C, LIU X F, LIU G S, *et al.* Characterization of Komagataeibacter xylinus by a polarization modulation imaging method[J]. Journal of Physics, 2020, D53(12): 125403.
- [18] ULLAH K, LIU X F, KRASNOK A, *et al.* Resolving the multipolar scattering modes of a submicron particle using parametric indirect microscopic imaging[J]. Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications, 2018, 30: 7-13.
- [19] MA Y, MA X K, WANG B, *et al.* Anatomical study of nasolabial fold[J]. Chinese Journal of Medical Aesthetics and Cosmetology, 2011, 17(3): 161-164 (in Chinese).  
马岩,马晓凯,王滨,等. 鼻唇沟的解剖学研究[J]. 中华医学美容美容杂志,2011, 17(3): 161-164.
- [20] WEN Ch L, LUO S, HE L J. The latest research progress of nasolabial fold anatomy and related facial rejuvenation treatments[J]. Chinese Journal of Aesthetics and Plastic Surgery, 2021, 32(5): 277-279(in Chinese).  
文昌隆,罗赛,郝立君. 鼻唇沟解剖及相关面部年轻化治疗的最新研究进展[J]. 中国美容整形外科杂志,2021,32(5): 277-279.