

儿童颅骨不同部位骨髓 MRI 弥散加权成像信号 随年龄变化规律的研究

赵秀丽^{1,2} 胡儒华² 刘学军³

(1 青岛大学青岛医学院, 山东 青岛 266073; 2 青州市人民医院影像科; 3 青岛大学附属医院放射科)

[摘要] **目的** 探讨正常儿童颅骨不同部位骨髓的 MRI 弥散加权成像(DWI)信号强度随年龄变化的规律。**方法** 选择青岛大学附属医院放射科接受颅脑 MRI-DWI 检查的 1 356 例正常儿童,依据年龄分为婴幼儿期、学龄前期、学龄期、青春期四组。采用半定量方法测量受试儿童的额骨、双侧颞骨、双侧顶骨、枕骨、蝶骨、双侧髁突、颅底斜坡七个部位骨髓的 DWI 信号强度,比较四组受试儿童颅骨骨髓信号强度间差异,采用皮尔逊相关系数分析年龄与颅骨各部位骨髓 DWI 信号强度的相关性。**结果** 婴幼儿期受试儿童颅骨各部位骨髓 DWI 信号多为 3 级信号;学龄前期额、顶骨 DWI 信号多为 1 级低信号,颞、蝶、枕骨以 2 级过渡信号为主,髁突、颅底斜坡则以 3 级高信号为主;学龄期额、顶、颞、蝶骨多为 1 级低信号,枕骨、髁突、颅底斜坡以 2 级过渡信号为主;青春期额、顶、颞、蝶骨基本都已转化为 1 级信号,枕骨、髁突、颅底斜坡 2 级信号减少,亦逐渐转变为 1 级信号。单因素分析结果显示,四组儿童的颅骨不同部位骨髓 DWI 信号强度均差异显著($H=374.378\sim809.136, P<0.001$),其中额、颞、顶、枕骨骨髓 DWI 信号强度在学龄前期随年龄增长下降($P<0.05$),髁突骨髓 DWI 信号强度自学龄前期开始随年龄增长下降($P<0.05$),蝶骨与颅底斜坡骨髓 DWI 信号强度在全年龄段均随年龄增长而下降($P<0.05$)。皮尔逊相关系数结果显示,受试儿童颅骨各部位 MRI-DWI 信号强度均与年龄呈显著负相关($r=-0.746\sim-0.565, P<0.05$)。**结论** 正常儿童颅骨骨髓 DWI 信号强度随年龄增长呈规律性降低,各部位降低时序、速度存在解剖异质性,颅盖骨信号强度随年龄变化发生转变最早,颅底骨转变最晚。本研究为儿童颅骨骨髓生理性及病理性研究提供了重要的影像学依据。

[关键词] 颅骨;骨髓;儿童发育;磁共振成像;弥散核磁共振成像
[中图分类号] R445.2 **[文献标志码]** A

Age-related changes of MRI diffusion-weighted imaging signal intensity of bone marrow in different regions of the skull in children ZHAO Xiuli, HU Ruhua, LIU Xuejun (Qingdao Medical College of Qingdao University, Qingdao 266073, China)

[ABSTRACT] **Objective** To investigate the age-related changes of MRI diffusion-weighted imaging (DWI) signal intensity of bone marrow in different regions of the skull in normal children. **Methods** A total of 1 356 normal children who underwent cranial MRI-DWI in Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Qingdao University, were enrolled, and according to their age, they were divided into infant and toddler group, preschool group, school-aged group, and adolescence group. A semi-quantitative method was used to measure DWI signal intensities of bone marrow at seven skull regions (frontal bone, bilateral temporal bones, bilateral parietal bones, occipital bone, sphenoid bone, bilateral mandibular condyle, and clivus). Bone marrow signal intensities were compared between the four groups, and the Pearson correlation coefficient was used to investigate the correlation between age and DWI signal intensity of bone marrow at different regions of the skull. **Results** In the infant and toddler group, grade 3 DWI signals were mainly observed for bone marrow at different regions of the skull; in the preschool group, grade 1 low signals were mainly observed in the frontal and parietal bones, grade 2 transitional signals were mainly observed in the temporal, sphenoid, and occipital bones, and grade 3 high signals were mainly observed in the mandibular condyle and clivus; in the school-aged group, grade 1 low signals were mainly observed in the frontal, parietal, temporal, and sphenoid bones, while grade 2 transitional signals were mainly observed in the occipital bone, mandibular condyle, and clivus; in the adolescence group, the signals in the frontal, parietal, temporal, and sphenoid bones were basically converted to grade 1 signals, and the signals in the occipital bone, mandibular condyle, and clivus were reduced and were gradually converted to grade 1 low signals. The univariate analysis showed that there were significant differences between the four groups in DWI signal intensities of bone marrow at different regions of the skull ($H=374.378-809.136, P<0.001$); the DWI signal intensities of bone marrow in the frontal, temporal, parietal, and occipital bones decreased with age before the school-aged period ($P<0.05$); the DWI signal intensity of bone marrow in the mandibular condyle began to decrease with age since the preschool period ($P<0.05$); the DWI signal intensities of bone marrow in the sphenoid bone and clivus decreased over age across all age groups ($P<0.05$). The Pearson correlation analysis showed that the MRI-DWI

[收稿日期] 2025-09-08; [修订日期] 2026-05-26
[基金项目] 潍坊市卫生健康委员会科研项目(WFWSJK-2023209)
[通信作者] 刘学军, Email: bncz@sina.com

the MRI-DWI signal intensity of bone marrow in the mandibular condyle began to decrease with age since the preschool period ($P<0.05$); the DWI signal intensities of bone marrow in the sphenoid bone and clivus decreased over age across all age groups ($P<0.05$). The Pearson correlation analysis showed that the MRI-DWI

signal intensities of bone marrow in all measured regions of the skull were significantly negatively correlated with age ($r = -0.746 - -0.565, P < 0.05$). **Conclusion** DWI signals of bone marrow in the skull of normal children tend to decrease regularly with the increase in age, with anatomical heterogeneity in the timing and rate of signal reduction across different skull regions, characterized by the earliest signal transition in the calvaria and the latest in the skull base. This study provides important imaging evidence for physiological and pathological research on skull bone marrow in children.

[KEY WORDS] Skull; Bone marrow; Child development; Magnetic resonance imaging; Diffusion magnetic resonance imaging

骨髓是人体主要的造血场所,其内部独特微环境可形成造血龛,支撑造血干细胞、多能祖细胞及定向祖细胞完成自我更新与分化,并不断生成维持生命所需的各类血细胞^[1]。在儿科放射学中,儿童成长过程中骨髓外观正常变化的判别十分重要,这些变化需与骨髓疾病变化区分^[2]。目前为止,儿童红黄骨髓演变过程的研究主要集中在股骨、骨盆和椎体等部位^[3],有关正常儿童颅骨红黄骨髓转化过程的研究相对较少。MRI 中弥散加权成像(DWI)对儿童骨骼骨髓状态的评估质量较高^[4]。本研究通过 DWI 技术,非侵入性评估儿童生长发育过程中颅骨不同部位骨髓的 DWI 信号特点,旨在总结儿童生长过程中颅骨骨髓演变规律,为儿童早期颅骨骨髓病变的影像学诊断提供一定的理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取青岛大学附属医院影像科 2017 年 1 月—2025 年 1 月接受颅脑 MRI 检查的儿童 1 356 例。纳入标准:①接受颅脑 3.0 T MRI-DWI 检查,且结果无明显异常者;②年龄 <18 岁者;③无颅脑创伤史、骨髓疾病史、血液病史、家族疾病史及放化疗史者。排除标准:①影像质量不佳,存在运动伪影、金属伪影等无法用于图像评估者;②合并先天颅脑畸形、颅内感染、肿瘤及脑血管相关病变者;③既往存在激素使用史、造血系统疾病或全身代谢性病史者。依据年龄将受试儿童分为婴幼儿期组(0 岁 $<$ 年龄 ≤ 3 岁)128 例,学龄前期组(3 岁 $<$ 年龄 ≤ 7 岁)328 例,学龄期组(7 岁 $<$ 年龄 ≤ 12 岁)393 例,青春后期组(12 岁 $<$ 年龄 ≤ 18 岁)507 例。

1.2 半定量法评估 DWI 信号强度

收集受试儿童的年龄及颅脑 MRI-DWI 图像,参考颅骨骨髓 MRI 分型标准^[5],采用半定量法对受试儿童的颅骨骨髓 MRI-DWI 结果进行简易信号强度分级。以颅骨骨髓同层面的大脑皮质 DWI 信号强度为参照,通过肉眼观察颅骨各部位骨髓 DWI 信号强度,将颅骨骨髓信号分为 1 级(信号消失或显著

低于同层面大脑皮质信号)、2 级(信号低于同层面大脑皮质信号且略高于 1 级)、3 级(信号低于同层面大脑皮质信号但高于 2 级)、4 级(信号等于或高于同层面大脑皮质信号)。评估所有受试儿童的额骨、双侧颞骨、双侧顶骨、枕骨、蝶骨、双侧髌突及颅底斜坡等七个部位的 DWI 信号强度,上述评估由两名从业十年以上的影像科医师分别进行,存在争议的结果由两名医师共同讨论后决定,并通过计算 Kappa 值评估判定结果的一致性。

1.3 统计学处理

采用 IBM SPSS Statistics 25 软件对数据进行统计学分析。本研究中计量资料经正态检验不符合正态分布,故以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,组间进一步两两比较采用 Dunn's 检验联合 Bonferroni 校正;采用皮尔逊相关系数对颅骨各部位 DWI 信号强度与年龄进行相关性分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同年龄段受试儿童颅骨不同部位 DWI 信号强度的变化规律

本研究结果显示,婴幼儿期受试儿童颅骨各部位骨髓 DWI 信号强度多为 3 级信号,少部分儿童颅骨部位出现 2 级信号,仅极少数儿童额、顶、枕骨等部位出现了 1 级信号。学龄前期受试儿童额、顶骨 DWI 信号强度多由 3 级高信号转变为 1 级低信号,颞、蝶、枕骨以 2 级过渡信号为主,髌突、颅底斜坡则仍以 3 级高信号为主。学龄期受试儿童的额、顶、颞、蝶骨 DWI 信号强度中 1 级低信号占比均大于 80%,枕骨、髌突、颅底斜坡以 2 级过渡信号为主。青春期受试儿童的额、顶、颞、蝶骨 DWI 信号强度中 1 级低信号占比均大于 90%,枕骨、髌突、颅底斜坡 2 级信号占比进一步下降,各部位仅余极少量 3 级信号出现。见图 1。

2.2 受试儿童颅骨同一部位 DWI 信号强度随年龄变化的规律

本研究经两名影像科医师评估受试儿童颅骨骨

髓 DWI 信号强度,一致性良好($Kappa=0.82$)。单因素分析结果显示,四组儿童的颅骨不同部位骨髓 DWI 信号强度均差异显著($H=374.378\sim809.136$, $P<0.001$);其中额、颞、顶、枕骨 DWI 信号强度除青春期为学龄期组无显著差异,其他任意两组均差异显著($P<0.05$);蝶骨与颅底斜坡 DWI 信号强度

任意两组均差异显著($P<0.05$);髁突 DWI 信号强度除婴幼儿期与学龄前期组无显著差异,其他任意两组均差异显著($P<0.05$)。见表 1。皮尔逊相关系数结果显示,颅骨各部位骨髓 DWI 信号强度均与年龄呈显著负相关性($r=-0.746\sim-0.565$, $P<0.05$)。

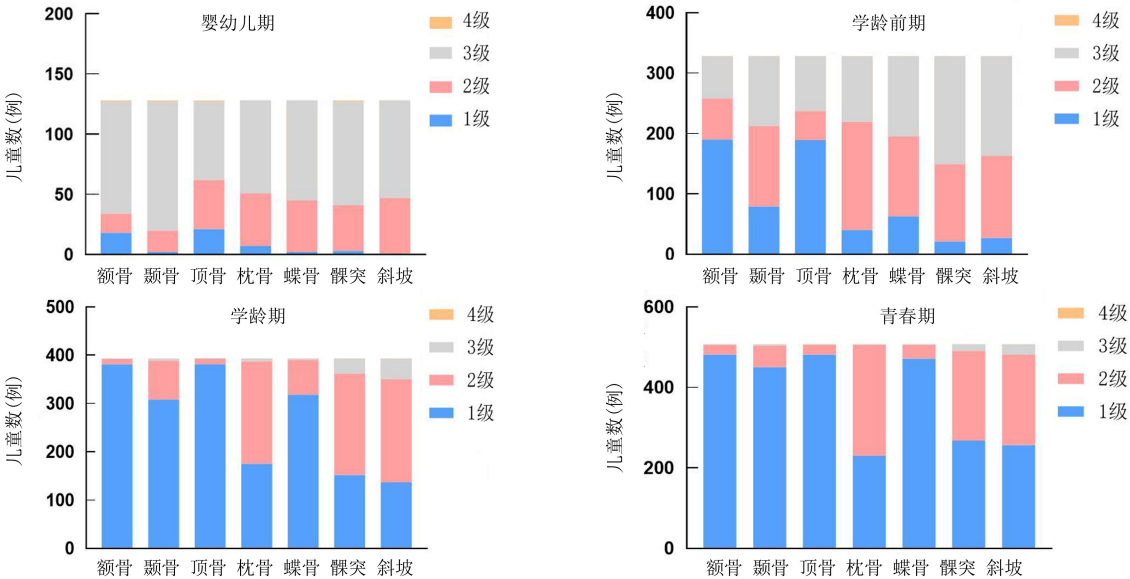


图 1 各年龄段受试儿童颅骨不同部位 DWI 信号强度变化规律

表 1 各组受试儿童间颅骨同一部位 DWI 信号强度的比较[$M(P_{25}, P_{75})$]

组别	<i>n</i>	额骨	颞骨	顶骨	枕骨	蝶骨	髁突	颅底斜坡
婴幼儿期组	128	3(2,3)	3(3,3)	3(2,3)	3(2,3)	3(2,3)	3(2,3)	3(2,3)
学龄前期组	328	1(1,2) ^a	2(2,3) ^a	1(1,3) ^a	2(2,3) ^a	2(2,3) ^a	3(2,3)	3(2,3) ^a
学龄期组	393	1(1,1) ^{ab}	1(1,1) ^{ab}	1(1,1) ^{ab}	2(1,2) ^{ab}	2(1,2) ^{ab}	2(1,2) ^{ab}	2(1,2) ^{ab}
青春期中	507	1(1,1) ^{ab}	1(1,1) ^{ab}	1(1,1) ^{ab}	2(1,2) ^{ab}	1(1,1) ^{abc}	1(1,2) ^{abc}	1(1,2) ^{abc}

注:a 为与婴幼儿期组比较 $P<0.05$,b 为与学龄前期组比较 $P<0.05$,c 为与学龄期组比较 $P<0.05$

3 讨 论

红黄骨髓之间转化的本质是造血活性红骨髓逐渐被脂肪组织为主的黄骨髓替代。DWI 信号强度与组织内水分子的弥散运动相关^[6],红骨髓因造血细胞密集、细胞外间隙小,水分子弥散受限,表现为高信号;黄骨髓因脂肪含量高、细胞外间隙大,水分子弥散自由,表现为低信号^[7]。婴幼儿期,儿童造血需求旺盛,颅骨各部位均为造血活跃的红骨髓^[8],因此 DWI 多表现为 3 级高信号;随年龄增长,机体造血需求逐渐降低,颅骨骨髓开始由红骨髓向黄骨髓转化,造血细胞减少、脂肪组织增加,水分子弥散受限程度减轻,DWI 信号逐渐降低^[9],这是本研究中信号强度与年龄呈负相关的核心生理基础。

本研究发现额骨、顶骨作为颅盖骨的主要组成部分,红黄骨髓的转化速度最快,学龄前期即完成转

化,这与颅盖骨骨髓造血功能消退早的生理特点一致^[10];而髁突、颅底斜坡、枕骨等颅底、颅后窝部位骨髓转化速度最慢,青春期中仍有部分红骨髓残留,这是因为这些部位的骨髓造血功能维持时间更长,且髁突作为下颌骨的主要生长中心,儿童期软骨内成骨活跃,骨髓微环境保持较高的造血活性,因此红骨髓残留时间更久^[11],DWI 信号降低速度也更慢。蝶骨也是较早完成骨髓转化的部位之一,蝶骨位于颅底中央,毗邻垂体、海绵窦等重要结构,其骨髓腔体积小,造血功能消退较早^[12],因此脂肪化进程启动早、速度快,多数儿童于学龄期即已完全转化为黄骨髓,DWI 表现为稳定的 1 级低信号,这一特征使蝶骨 DWI 信号成为评估儿童骨髓年龄的理想参数,可为临床实践中判断儿童骨髓发育是否正常提供重要参考^[13]。

本研究结果显示,正常儿童颅骨不同部位骨髓

DWI 信号强度与年龄呈显著负相关,随年龄增长呈规律性降低,且各部位转化速度存在明显差异,这一结果与颅骨的解剖生理特点及骨髓造血功能的发育演变密切相关。首先,额骨、顶骨 DWI 信号降低最为迅速,在学龄前期即快速转为 1 级低信号,学龄期后基本稳定于 1 级;颞骨 DWI 信号变化介于颅盖骨与颅底骨之间,学龄前期以 2 级过渡信号为主,学龄期即降至 1 级低信号并保持稳定;枕骨信号降低相对平缓,直至青春期仍为 2 级信号,转化进程持续的时间最长^[14]。上述四个部位的骨髓 DWI 信号整体在学龄期前完成由 3 级高信号到 2 级过渡信号转变,至学龄期无信号强度明显下降,形成特征性“学龄期信号平台”。其次,蝶骨、颅底斜坡两处颅底骨部位的骨髓 DWI 信号强度随年龄增长呈逐渐下降趋势,无额、颞、顶、枕骨学龄期信号平台。该信号下降源于颅底骨髓生理性红髓黄变:低龄儿童蝶骨、颅底斜坡造血活跃,红骨髓细胞密集致水分子扩散受限,DWI 高信号;随年龄增加脂肪细胞逐步替代造血细胞,水分子扩散受限减轻,信号持续减低。蝶骨与颅底斜坡为颅底储备造血区域,造血微环境维持时间更长,黄骨髓转化进程贯穿整个儿童时期,因此各年龄段信号强度不同^[15]。此外,髁突骨髓 DWI 信号强度在婴幼儿期与学龄前期相近,自学龄前期开始随年龄增长信号持续下降,本质为髁突骨髓随下颌生长发育发生红骨髓向黄骨髓生理性转化。该指标可作为客观影像学定量参数,用于评估儿童下颌髁突生长潜能、鉴别颞下颌关节及骨髓相关疾病,为儿童颌面部发育、颞下颌关节疾病及血液系统疾病的影像诊断提供可靠参考依据^[16]。

本研究结果与多数颅骨骨髓 MRI 研究的结论一致,例如有研究显示骨髓成分与解剖部位及年龄相关,随着年龄增长颅骨红骨髓逐渐转化为黄骨髓^[17]。但与部分既往研究相比,本研究也存在一定差异性,如部分国外学者基于 T_1 WI 序列提出,额骨在成年后仍保留部分红骨髓,而本研究中所有受试儿童的额骨骨髓在学龄前期已完全转化为 DWI 低信号。这种差异主要源于检查序列的不同, T_1 WI 序列主要反映脂肪组织的分布,而 DWI 序列主要反映水分子的弥散运动,对造血细胞的变化更为敏感,因此能够更早地检测到骨髓红黄转化的信号改变^[18]。

本研究仍存在一些局限性,需在后续研究中进一步完善。首先,本研究采用半定量的肉眼分级法评估 DWI 信号,未对 DWI 信号进行表现扩散系数

定量测量,虽经过观察者一致性检验,仍存在一定的主观误差;其次,本研究为横断面研究设计,仅观察了不同年龄儿童的颅骨骨髓静态 DWI 信号特征,无法追踪个体内颅骨骨髓信号的动态纵向变化;最后,本研究受试对象均为汉族儿童,未纳入不同种族、地域的儿童,结论的普适性有待进一步验证。

本研究系统性探讨了正常儿童颅骨不同部位骨髓 DWI 信号随年龄的演变规律,为儿童颅骨骨髓生理性与病理性改变的鉴别诊断提供了影像学参考依据,具有一定临床价值^[19]。其一,可建立不同年龄段儿童颅骨骨髓 DWI 正常参照基线,以鉴别白血病、骨髓炎等疾病引发的病理性骨髓高信号,降低误诊率^[20],并辅助血液疾病化疗后骨髓造血功能的评估;其二,可间接评估儿童骨骼发育成熟度,协助发育异常患儿的诊断^[21]。

综上所述,正常儿童颅骨各部位骨髓 DWI 信号随年龄增长呈规律性降低,各部位降低时序、速度存在解剖异质性;额、顶骨等颅盖骨转变最早,颅底骨转变最晚。本研究为儿童颅骨骨髓生理及病理性研究提供了重要的影像学依据。

作者声明:赵秀丽、刘学军、胡儒华参与了研究设计,赵秀丽参与了论文的写作和修改。所有作者均阅读并同意发表该论文,且均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] FRENZ-WIESSNER S, FAIRLEY S D, BUSER M, et al. Generation of complex bone marrow organoids from human induced pluripotent stem cells[J]. *Nat Methods*, 2024,21(5): 868-881.
- [2] JUNHASAVASDIKUL T, ABADEH A, TOLEND M, et al. Developing a reference MRI database for temporomandibular joints in healthy children and adolescents[J]. *Pediatr Radiol*, 2018,48(8):1113-1122.
- [3] BAO H H, HE X, LI X G, et al. Magnetic resonance imaging study of normal cranial bone marrow conversion at high altitude[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2022,12(6):3126-3137.
- [4] DÜZKALIR H G, SÖBÜ E, ADIGÜZEL KARAOYSAL Ö, et al. Apparent diffusion coefficient (ADC) measurements and morphometric evaluation of the cranium in age-matched children with central precocious puberty[J]. *J Pediatr Endocrinol Metab*, 2023,36(8):740-748.
- [5] YOSHIKAWA T, TANIZAWA A, SUZUKI K, et al. The usefulness of T_1 -weighted magnetic resonance images for diagnosis of acute leukemia manifesting musculoskeletal symptoms prior to appearance of peripheral blood abnormalities[J]. *Case Rep Pediatr*, 2016,2016(1):2802596.
- [6] KUROKAWA R, KUROKAWA M, HOLMES A, et al.

- Skull metastases and osseous venous malformations; The role of diffusion-weighted and dynamic contrast-enhanced MRI[J]. J Neuroimaging, 2022,32(6):1170-1176.
 - [7] MOURAD C, COSENTINO A, NICOD LALONDE M, et al. Advances in bone marrow imaging: Strengths and limitations from a clinical perspective[J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2023,27(1):3-21.
 - [8] ERDOGAN A, CETIN A, AKBAS F. The role of ADC values in differentiating calvarial bone metastases from benign marrow lesions[J]. J Magn Reson Imaging. 2023,58(2):478-485.
 - [9] ALI D L, TENCEROVA M, FIGEAC F, et al. The pathophysiology of osteoporosis in obesity and type 2 diabetes in aging women and men: The mechanisms and roles of increased bone marrow adiposity [J]. Front Endocrinol, 2022, 13: 981487.
 - [10] AZAR A, BHUTTA M F, DEL-POZO J, et al. Trans-cortical vessels in the mouse temporal bulla bone are a means to recruit myeloid cells in chronic otitis media and limit peripheral leukogram changes[J]. Front Genet, 2022,13:985214.
 - [11] LAURIKKA P, KIVELÄ L, KURPPA K, et al. Review article: Systemic consequences of coeliac disease [J]. Aliment Pharmacol Ther, 2022,56(Suppl 1):S64-S72.
 - [12] ELANGOVA S M, MEYERS A B. Pearls and pitfalls of imaging of the developing pediatric skeleton: Differentiating normal and pathology with MRI[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2022,43(1):73-87.
 - [13] PERIN P, COSSELLU D, VIVADO E, et al. Temporal bone marrow of the rat and its connections to the inner ear[J]. Front Neurol, 2024,15:1386654.
 - [14] AHLAWAT S, GHASEMI A, FAYAD L M. How I do it: MRI of the bone with marrow-specific sequences[J]. Radiology, 2025,316(3):e242371.
 - [15] PALSETIA D R, VIJAN A V, GALA F B, et al. Clival and paraclival lesions: A pictorial review[J]. Indian J Radiol Imaging, 2023,33(2):201-217.
 - [16] SABBAGH H, NIKOLOVA T, KAKOSCHKE S C, et al. Functional orthodontic treatment of mandibular condyle fractures in children and adolescent patients: An MRI follow-up [J]. Life (Basel), 2022,12(10):1596.
 - [17] ZAHIR HUSSAIN M A, PREETHI P S, RANGARAJAN S, et al. A minimalist approach with maximum outcomes: Intralesional steroid therapy in orofacial sarcoidosis[J]. Cureus, 2026,18(2):e104145.
 - [18] QIN Y H, WANG L, GAO Z L, et al. Bone marrow stromal/stem cell-derived extracellular vesicles regulate osteoblast activity and differentiation in vitro and promote bone regeneration in vivo[J]. Sci Rep, 2016,6:21961.
 - [19] SAIFUDDIN A, TYLER P, RAJAKULASINGAM R. Imaging of bone marrow pitfalls with emphasis on MRI[J]. Br J Radiol, 2023,96(1142):20220063.
 - [20] ÖZER T, SÖNMEZ E H, ANIK Y. Advanced MRI sequences for structural lesion assessment in sacroiliitis[J]. Diagnostics, 2026,16(6):887.
 - [21] BENDER M E, LIPIN R B, GOUDY S L. Development of the pediatric temporomandibular joint[J]. Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 2018,30(1):1-9. (本文编辑 范睿心)
-
- (上接第 352 页)
- [4] AKYILDIZ H S, BASAK H, BETON S, et al. Endonasal endoscopic removal of a Langerhans cell Histiocytosis from far lateral frontal sinus[J]. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg, 2022,74(Suppl 3):4649-4652.
 - [5] 巩旭燕,崔强强,侯玉霞. 西安地区 6-12 岁正常汉族儿童鼻唇部三维形态研究[C]//2017 年国际正畸大会暨第十六次全国口腔正畸学术会议论文汇编. 北京:中国国际科技交流中心. 2017:103-105.
 - [6] 杨翼,戴宜君,徐忆,等. 浙江健康成年汉族人外鼻形态的初步测量[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2018,19(2):75-78.
 - [7] 李海军,姚雪纯,翁敏洁,等. 人类鼻形态研究概述[J]. 人类学学报, 2024,43(4):687-700.
 - [8] 焦婷,张富强. 应用核磁共振(MRI)采集及三维重建面部表面软组织形态的研究[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2007,8(4):265-267.
 - [9] 朱光辉. 颅颌面部组织测量方法应用进展[J]. 中国美容医学, 2013,12(2):214-216.
 - [10] 季璐,任甫. 基于 EDMA 的辽宁汉族成人头面部指数的测量研究[J]. 锦州医科大学学报, 2021,42(2):93-97.
 - [11] FARKAS L G. Anthropometry of the head and face. 2nd ed [M]. New York: Raven Press, 1994:3-56.
 - [12] SCHENDEL S A. Anthropometry of the head and face[J]. Plast Reconstr Surg, 1995,96(2):480.
 - [13] 李咏兰,于会新,张兴华,等. 中国不同地理分区人群的头面部特征[J]. 人类学学报, 2023,42(6):793-806.
 - [14] 袁焯. 医学影像学的现状及最新的进展研究[J]. 中国医药导报, 2015,12(28):33-36.
 - [15] 门阔. 锥形束 CT 双能成像方法研究[D]. 北京:北京协和医学院, 2017.
 - [16] 武宁. 河北省汉族青少年外鼻软组织解剖形态的 CBCT 研究 [D]. 石家庄:河北医科大学, 2023.
 - [17] 陈卓,石冰,李精韬. 唇腭裂患者外鼻生长特征的研究进展[J]. 国际口腔医学杂志, 2023,50(3):279-286.
 - [18] ZENG W L, WANG W, GUO L L. Comparative study of anthropometric nasal analysis based on Han nationality young female adults in Central China[J]. J Craniofac Surg, 2021,32(4):1455-1458.
 - [19] 冯向伟,韩猛,王旭,等. 河南省汉族青年男性头面部尺寸测量及分析[J]. 中原工学院学报, 2019,30(5):12-17,64.
 - [20] SFORZA C, GRANDI G, DE MENEZES M, et al. Age- and sex-related changes in the normal human external nose[J]. Forensic Sci Int, 2011,204(1-3):205.e1-205.e9.
 - [21] WEN Y F, WONG H M, MCGRATH C P. A longitudinal study of facial growth of Southern Chinese in Hong Kong: Comprehensive photogrammetric analyses [J]. PLoS One, 2017,12(10):e0186598. (本文编辑 范睿心)