

论著·临床研究

红外热成像术引导下扩张额部优势穿支皮瓣行鼻再造术研究

肖文天, 李青峰, 章一新

上海交通大学医学院附属第九人民医院整复外科, 上海 200011

[摘要] **目的**·探究利用红外热成像术(infrared thermography, IRT)探测优势的滑车上动脉在使用额部扩张皮瓣行鼻再造术中的应用效果。**方法**·选取15例拟使用额部扩张皮瓣行鼻再造术的患者,使用IRT标记扩张皮瓣中走行的滑车上动脉,明确血管是否缺失以及双侧的血管质量是否对称,标记结果使用彩色超声多普勒血流成像进行验证。根据术前的血管标记结果,使用优势一侧的滑车上动脉为血管蒂设计、切取皮瓣。**结果**·15例皮瓣中走行的滑车上动脉均可利用IRT标记,其中10例双侧的血管口径、流速对称,2例存在单侧血管缺如,3例皮瓣中双侧的血管质量不对称。以优势一侧的滑车上动脉为蒂设计、切取大小为4 cm×6 cm~6.5 cm×13 cm的皮瓣,术后皮瓣均存活。**结论**·额部扩张皮瓣中存在双侧血管不对称的可能,使用IRT可以快速辨别其中优势的滑车上动脉,保障皮瓣切取后的血运。

[关键词] 红外热成像术;额部扩张皮瓣;血管导航;鼻再造;滑车上动脉

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2020.10.021 **[中图分类号]** R622^{·1}

[文献标志码] A

Research on nasal reconstruction using expanded forehead flap with the dominant perforator under the guidance of infrared thermography

XIAO Wen-tian, LI Qing-feng, ZHANG Yi-xin

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China

[Abstract] **Objective**·To explore the effect of infrared thermography (IRT) on detecting the dominant supratrochlear artery in nasal reconstruction using expanded forehead flaps. **Methods**·Fifteen patients who planned to use the expanded forehead flap for nasal reconstruction were selected. Preoperatively, IRT was used to mark the supratrochlear artery in the expanded flap to determine whether the blood vessel was missing and whether the quality of the bilateral vessels was symmetrical. The results were verified by color ultrasonic Doppler blood flow imaging. According to the result of preoperative vessel detection, the supratrochlear artery on the dominant side was selected to design the flap. **Results**·All 15 flaps could be marked with IRT to identify the supratrochlear artery. Among them, 10 cases had symmetrical vascular calibers and flow velocity, 2 cases had unilateral vascular deficiency, and 3 cases had asymmetric vascular quality. The supratrochlear artery on the dominant side was used as the pedicle, and flaps with the size of 4 cm×6 cm~6.5 cm×13 cm were excised, and all flaps survived well. **Conclusion**·There is the possibility of bilateral vascular asymmetry in the expanded forehead flap. The use of IRT can quickly identify the dominant supratrochlear artery and ensure the blood flow after the flap is elevated.

[Key words] infrared thermography(IRT); expanded forehead flap; vascular navigation; nasal reconstruction; supratrochlear artery

鼻部是位于面中部重要的美学器官,各种原因导致的鼻亚单位缺损会给患者带来极大的心理负担。以滑车上动脉为血管蒂的额部扩张皮瓣是用于鼻再造术的常用手段,传统观念认为滑车上动脉的解剖较为恒定,在术前不需要进行血管定位^[1-3]。然而,双侧的滑车上动脉仍然存在解剖变异导致的血管质量不一甚至缺如的情况;在扩张器

放置以及皮肤软组织逐渐扩张的过程中,血管可能受到损伤或者位置发生偏移。这种情况下如果盲目地进行皮瓣的切取可能导致皮瓣的血运不佳。若是在术前能够确定供给皮瓣营养的优势血管以及其走行方向,将有利于皮瓣的切取与存活。

目前常用的进行术前血管定位的手段包括透光试验、

[基金项目] 上海市科学技术委员会优秀技术带头人计划(18XD1423700);上海市教育委员会高峰高原学科建设计划(20152227);上海交通大学医学院附属第九人民医院临床研究多学科诊疗团队建设(2017-1-007);上海交通大学医学院附属第九人民医院临床研究助推计划(JYLJ027)。

[作者简介] 肖文天(1994—),男,住院医师,博士;电子信箱:drxiaoneo@hotmail.com。

[通信作者] 章一新,电子信箱:zhangyixin6688@163.com。

[Funding Information] Outstanding Professional and Technical Leader Program of Shanghai Municipal Science and Technology Commission (18XD1423700); Shanghai Municipal Education Commission—Gaofeng Clinical Medicine Grant Support (20152227); Clinical Multi-Disciplinary Team Research Program of Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine (2017-1-007); Clinical Research Program of Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine (JYLJ027).

[Corresponding Author] ZHANG Yi-xin, E-mail: zhangyixin6688@163.com.

手持单向超声多普勒血流成像、彩色超声多普勒血流成像以及 CT 血管成像 (computed tomography angiography, CTA) 等^[4-5]。扩张皮瓣中新生的血管以及扩张的静脉会干扰临床医师对结果的判断;手持单向超声多普勒血流成像判断细小血管的灵敏度和准确度低,缺乏立体成像;彩色超声多普勒血流成像虽然可以获得血管的血流动力学信息,但对操作者的要求较高,同时扩张器的存在会增大操作难度;CTA 则需要注射造影剂,属于有创操作同时花费较高^[6]。

近年来,红外热成像术 (infrared thermography, IRT) 在皮瓣外科中的应用逐渐增多。IRT 通过探测物体发出的红外辐射描绘物体的热像图分布。当组织的血流量增多时,代谢水平升高,导致组织的温度上升。根据此理论,IRT 在穿支血管的探测中已有使用^[7-8]。在以滑车上动脉为蒂的额部扩张皮瓣中,我们推测在血管走行的方向上会因为局部的血流量增多,形成热像图上温度较高的“亮线”^[9]。基于此设想,本研究纳入了 15 例拟使用额部扩张皮瓣行鼻再造术的患者,在术前使用 IRT 判断扩张皮瓣中的血管情况并确认其优势血管,根据术前的血管标记结果,使用优势一侧的滑车上动脉为血管蒂设计、切取皮瓣,取得较满意的效果。本研究旨在为保障皮瓣切取后的血运与存活提供新的思路。

1 对象与方法

1.1 研究对象及其临床资料

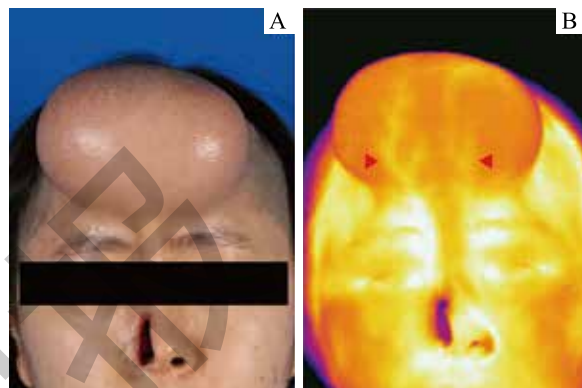
选取 2017 年 10 月—2020 年 1 月于上海交通大学医学院附属第九人民医院整复外科接受使用额部扩张皮瓣行鼻再造术的 15 例患者。其中男性 9 例,女性 6 例。平均年龄 31 岁 (6 ~ 62 岁)。损伤原因:烧伤 8 例,外伤 3 例,恶性肿瘤 4 例。所有纳入研究的患者 I 期手术于额部放置 80 ~ 120 mL 的扩张器,术后定期注水直到扩张量达到预期容量。II 期扩张器取出术前,所有患者行 IRT 检查,同时行彩色超声多普勒血流成像检查双侧滑车上动脉的血流动力学信息。本研究经上海交通大学医学院附属第九人民医院伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

1.2 影像学检查

1.2.1 红外热成像术检查

患者于室温 (25℃) 中静坐约 5 min,待皮温与环境温度平衡后,使用红外热成像仪 (Fotric, 228s) 在距离扩张皮瓣约 60 cm 处进行探测,调整温度探测阈值为 30 ~ 37℃。热像图上可见温度较高的“亮线”进入扩张

皮瓣并在皮肤表面走行,微调温度阈值使得“亮线”最为明显,使用马克笔在皮肤上标记皮瓣表面的“亮线”。根据我们推测,此“亮线”即代表皮瓣中滑车上动脉的分布 (图 1)。在检查过程中,观察两侧的“亮线”是否存在,以及“亮线”的粗细、亮度与可探测的最远距离是否一致。



Note: A. Front view before operation. B. The red arrow in the thermal image indicates the distribution of “hot lines” on both sides of the flap. The “hot line” on the right is more obvious than the left side.

图 1 额部扩张皮瓣中“亮线”的标记

Fig 1 Marking of “hot line” in the expanded forehead flap

1.2.2 彩色超声多普勒血流成像检查

所有患者由同一位有经验的医师进行操作,使用彩色超声多普勒血流仪 (GE Voluson E8),探头频率 10 ~ 13 MHz,彩色超声多普勒频率为 7.5 MHz。医师首先在扩张器外探测滑车上动脉的源头,并据此继续探测其进入扩张皮瓣后的走行,观察其结果是否与 IRT 标记的走行一致。检查过程中同时记录血管进入扩张皮瓣后起始段的管径、流速等血流动力学信息。

1.3 手术操作

根据术前检查结果,选择优势一侧的滑车上动脉设计、切取皮瓣。优势血管选择标准:①若一侧血管缺如,则选择另一侧滑车上动脉为血管蒂。②若双侧血管均存在,则选择管径较粗、流速更快的一支血管。所有皮瓣的切取由同一位高年资医师按照标准流程完成^[10]。术中根据鼻部实际缺损的范围,在扩张器表面以标记的血管走行为中心设计三叶皮瓣,大小较实际缺损面积扩大 10% ~ 15%。随后取出扩张器,由皮瓣周围向皮瓣蒂部逐步分离,在切取至眉区时采用钝性分离以避免损伤血管。皮瓣切取后,术中再次使用 IRT 检测皮瓣表面的“亮线”分布。随后,切取的皮瓣向鼻部翻转至受区,视缺损情况决定是否放置“L 形”鼻假体或肋软骨作鼻背支撑,供区直接缝合。

术后3~4周进行断蒂手术,随后经3~6个月视患者情况及意愿进行激光脱毛以及皮瓣修整手术。

2 结果

2.1 影像学检查结果

15例患者中,利用IRT均可以探明其中的“亮线”,经彩色超声多普勒血流成像验证,此“亮线”与滑车上动脉的走行一致。其中10例患者双侧的滑车上动脉管径、流速对称,2例患者存在单侧血管缺如,3例皮瓣中双侧的血管质量不对称。血管缺如的病例中,热像图上亦不可见“亮线”的存在,而血管质量不对称的患者中,管径、流速更佳的一侧血管相对应的热像图上的“亮线”也更粗、更明显。

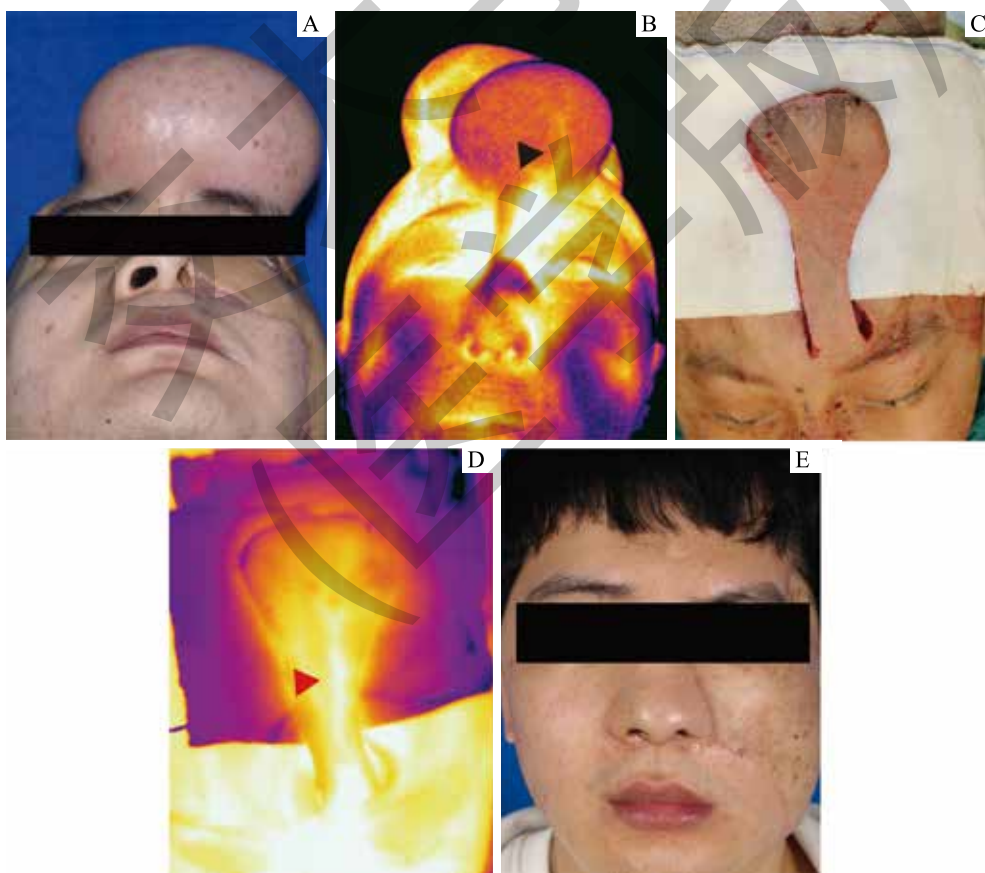
2.2 鼻再造术效果

鼻再造术中选择优势一侧的滑车上动脉为蒂设计、切取大小为 $4\text{ cm} \times 6\text{ cm} \sim 6.5\text{ cm} \times 13\text{ cm}$ 的皮瓣,皮瓣

切取后使用IRT均可以辨认其中的动脉走行。供区均直接拉拢缝合,遗留线性瘢痕,术后皮瓣均存活良好。随访6~18个月,患者依次行断蒂手术,按需行激光脱毛术、皮瓣修整术,移植皮瓣柔软、色泽佳,鼻部外形满意。

2.3 典型病例

患者,男性,27岁,电击伤后左侧鼻翼、鼻侧壁缺损。I期手术于额部放置120 mL大小的扩张器,扩张至容量约320 mL。术前影像学检查中,IRT发现右侧的“亮线”缺失,经彩色超声多普勒血流成像验证,右侧的滑车上动脉确实缺如。术中完整切除鼻部残余组织,将一部分皮肤翻转作为鼻腔衬里,根据缺损面积以左侧滑车上动脉为蒂,设计大小为 $6\text{ cm} \times 12\text{ cm}$ 的额部皮瓣,皮瓣切取并分离成功后,于皮瓣下放置纱布。使用IRT可见其中的血管走行。血运判断满意后,于患者鼻背放置一“L形”硅胶假体,并将皮瓣向鼻背翻转覆盖假体后进行缝合,额部供区直接拉拢缝合。术后皮瓣存活良好,随访15个月,供区瘢痕不明显,患者对鼻部外形满意(图2)。



Note: A. Front view before operation. B. The black arrow in the thermal image shows the left supratrochlear artery. Note that the right supratrochlear artery was absent. C. Intraoperatively, the left supratrochlear artery was used as the vascular pedicle to harvest the flap. D. The red arrow shows the course and distribution of the vessel in the flap. E. Appearance of the flap 15 months after the operation, when the patients underwent series of surgeries, including pedicle division, laser hair removal, and flap trimming.

图2 典型病例展示

Fig 2 Typical case report

3 讨论

在整复外科的发展史上,常以印度首先开展的鼻再造手术作为整复外科起始的标志。鼻再造有不同的手术方法,包括前额皮瓣法、上臂皮管法等。由于额部的皮肤颜色、质地与鼻部的皮肤较为接近,且额部的血供丰富,因此额部皮瓣成为目前鼻再造术的最常用手段^[11]。然而,相比鼻部的皮肤厚度,前额皮瓣较厚;同时,直接切取前额皮瓣易导致供区缝合时张力过大,往往需要植皮以关闭供区。本研究中,我们选用扩张后的额部皮瓣行鼻再造术。在扩张过程中皮肤及额肌的厚度变薄,质地与鼻部皮肤更为接近,而且额部供区遗留的创面可直接关闭,避免了植皮带来的二次损伤^[12-13]。

大多数国外学者认为,两侧的滑车上动脉解剖较为恒定,因此在术前不需要进行血管的定位。而在我们的研究中发现,15例患者有5例(33.3%)存在一侧动脉缺如或者两侧动脉的管径、流速不对称的情况。我们猜想,这可能与国外研究中大多直接采用未扩张的额部皮瓣有关。而对于额部扩张皮瓣,在扩张器的放置中血管可能受到损伤,在组织的扩张过程中血管可能产生不同程度的偏移,这些因素都可能导致双侧滑车上动脉的血管质量不一致。

本研究中我们利用IRT得到额部皮瓣的热像图,并通过热像图中温度较高的“亮线”代表皮瓣中滑车上动脉的走行方向,结果均可以通过彩色超声多普勒血流成像验证。我们认为,皮瓣中轴型血管分布的区域有更快的血液循环,引起局部组织的代谢加快,温度增高,形成了热像图上更为明显的“亮线”。同时,扩张器植入后随着皮肤逐步扩张,皮瓣的厚度逐渐变薄,这会使得扩张皮瓣内的动脉发出的热信号在热像图上更容易辨认^[14]。超声结果也证实,管径、流速较好的优势血管在热像图上体现为更粗、更明显的“亮线”。这一结果说明,利用IRT可以在术前准确地辨认额部扩张皮瓣中血管质量较好的优势动脉,有助于皮瓣的设计。

对皮瓣的血管解剖情况的全面了解,可以指导临床医生设计手术方案,避免盲目地进行皮瓣的切取。如果手术医师忽略了皮瓣的血管变异信息而进行皮瓣的切取,不可

避免地会导致皮瓣术后出现血运障碍。本研究中有5例患者出现双侧血管不一致的情况,如果术前没有完善血管检查而直接切取皮瓣,则有可能选择血管质量较差甚至血管缺如的一侧切取皮瓣,可能引起术后血运障碍而导致手术失败。利用IRT可以及时发现血管变异并明确优势血管的选择,动态调整手术规划。皮瓣设计时还需要遵照“点、线、面、弧”的设计原则,其中的“线”即是皮瓣中轴型血管走行的体表投影^[15]。利用IRT也可以在术前根据“亮线”的走行对扩张皮瓣内的血管分布情况有一个详细的了解,在术中便可以此为基础设计、切取皮瓣。

目前常用的术前血管影像学导航技术包括手持单向超声多普勒血流成像、彩色超声多普勒血流成像、CT血管成像及三维重建和磁共振血管造影。判断导航技术最重要的指标是其能否在临床应用中提供最佳的血管信息并指导手术取得最佳的效果^[4]。本研究中我们发现,利用IRT可以快速且准确地提供扩张皮瓣内的血管信息,帮助临床医师选择最佳的血管以指导术中皮瓣的设计、切取,术后皮瓣全部存活,无血运障碍的产生。相比其他导航手段,IRT操作更为简便,所消耗的时间较短,在热像图上可以直观地看见血管的走行方向。而且IRT可以在术中进行应用,以确保动脉位于切取后的皮瓣内,保证皮瓣的血流供应,而这是其他导航手段难以实现的。

本研究虽然利用IRT快速、便捷地观察到双侧滑车上动脉的变异情况,但不足之处在于没有设立对照组,未能确定在IRT的引导下选择的优势滑车上动脉是否确实可以提高手术的成功率;同时由于患者样本量的不足,增大了随机误差的可能性。今后将考虑继续纳入更多病例,设计随机对照实验,以观察IRT的应用对皮瓣切取后存活率的影响。同时也可以分析热像图上“亮线”的亮度与其相对应动脉的管径、流速的关系,这样便可以在术前更加方便地了解血管的血流动力学信息。

综上所述,本研究中我们发现额部扩张皮瓣中存在滑车上动脉解剖变异的情况,同时我们推荐使用IRT在术前和术中进行血管导航,以快速明确其中的优势动脉并标记其走行方向,这有助于术中的皮瓣设计,保障其血运情况,保证手术效果。

参·考·文·献

- [1] Menick FJ. A 10-year experience in nasal reconstruction with the three-stage forehead flap[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2002, 109(6): 1839-1855.
- [2] Menick FJ. Nasal reconstruction with a forehead flap[J]. *Clin Plast Surg*, 2009, 36(3): 443-459.
- [3] Joseph AW, Truesdale C, Baker SR. Reconstruction of the nose[J]. *Facial Plast Surg Clin North Am*, 2019, 27(1): 43-54.
- [4] 章一新. 穿支血管的术前影像学导航技术[J]. *中华显微外科杂志*, 2012, 35(6): 441-443.
- [5] Mijuskovic B, Tremp M, Heimer MM, et al. Color Doppler ultrasound and computed tomographic angiography for perforator mapping in DIEP flap breast reconstruction revisited: a cohort study[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2019, 72(10): 1632-1639.

- [6] 夏成德, 薛继东, 狄海萍, 等. CT 血管造影及三维重建在额部轴型扩张皮瓣修复口周及额部瘢痕中的应用效果 [J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(10): 677-682.
- [7] Pereira N, Valenzuela D, Mangelsdorff G, et al. Detection of perforators for free flap planning using smartphone thermal imaging: a concordance study with computed tomographic angiography in 120 perforators [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2018, 141(3): 787-792.
- [8] Xiao WT, Li K, Kiu-Huen Ng S, et al. A prospective comparative study of color Doppler ultrasound and infrared thermography in the detection of perforators for anterolateral thigh flaps[J]. *Ann Plast Surg*, 2020, 84(5S Suppl 3): S190-S195.
- [9] 肖文天, 章一新. 红外热成像技术在皮瓣外科中的应用进展 [J]. 中华显微外科杂志, 2020, 43(2): 195-199.
- [10] Kheradmand AA, Garajei A, Motamedi MHK. Nasal reconstruction: experience using tissue expansion and forehead flap[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 69(5): 1478-1484.
- [11] Menick FJ. Nasal reconstruction[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2010, 125(4): 138e-150e.
- [12] Wang QW, Song WM, Hou DJ, et al. Expanded forehead flaps for reconstruction of different faciocervical units: selection of flap types based on 143 cases[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2015, 135(5): 1461-1471.
- [13] Lazarus D, Hudson DA. The expanded forehead scalping flap: a new method of total nasal reconstruction[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1997, 99(7): 2116.
- [14] Pietramaggiore G, Liu P, Scherer SS, et al. Tensile forces stimulate vascular remodeling and epidermal cell proliferation in living skin[J]. *Ann Surg*, 2007, 246(5): 896-902.
- [15] 唐举玉. 我国穿支皮瓣发展存在的问题与对策 [J]. 中国美容整形外科杂志, 2017, 28(2): 65-68.

[收稿日期] 2020-07-07

[本文编辑] 包 玲 吴 洋

学术快讯

精准医学研究院雷鸣团队揭示核酶 RNase MRP 的催化机制

上海交通大学医学院附属第九人民医院精准医学研究院雷鸣团队揭示了真核生物中一类保守且必需的核酶 RNase MRP 催化前体 rRNA 加工成熟的分子机制。RNase MRP 的 RNA 催化亚基和端粒酶的 RNA 亚基是目前细胞核内 2 个被广泛接受并验证的与人类遗传疾病紧密相关的非编码 RNA 分子, 人源 RNase MRP RNA 组分的突变导致以侏儒、软骨及毛发发育不良等为显著特征的严重发育缺陷型疾病, 该项研究作为理解 RNase MRP 的催化机制以及突变导致的致病机制提供了坚实的基础。该项研究成果发表在国际权威杂志 *Science* 上。

雷鸣团队长期致力于生物大分子结构与功能相关研究, 于 2018、2019 年先后解析了酵母、古细菌以及人源 RNase P 的全酶及其底物复合物结构, 详尽阐释了 RNase P 的底物识别和催化机制, 并为这一类地球上所有生物中都存在的核酶提供了进化方面的新见解, 文章相继发表于 *Science*、*Cell* 和 *Nature Communications* 等国际权威学术期刊。