

枕下乙状窦后入路微创显露面听神经复合体的虚拟现实解剖学研究

汤可 周敬安 周青 赵亚群 刘策

【摘要】 目的 在构建虚拟现实解剖模型基础上,探讨经枕下乙状窦后入路微创显露面听神经复合体的显微解剖学特征。方法 共 5 具(10 侧)尸头标本通过 CT 和 MRI 扫描数据经虚拟现实系统构建面听神经复合体三维解剖影像模型,于颅盖和颅底选择骨性标记设计经枕下乙状窦后入路手术路径,观察和测量微创化前后解剖结构显露情况。结果 模拟经枕下乙状窦后入路由横窦下方穿过,可清晰显示其所包含解剖结构的空层叠顺序,不包含椎动脉和小脑后下动脉。微创化前手术路径由外向内依次显露小脑半球、后组脑神经、小脑前下动脉、面听神经复合体,于岩骨背面、面听神经复合体下方后组脑神经在颈静脉球和岩下窦之间穿出颈静脉孔;微创化后手术路径位置略高于微创化前,由外向内依次显露小脑半球、小脑前下动脉和面听神经复合体,不包含后组脑神经和颈静脉球。微创化前手术路径体积($t = 36.331, P = 0.000$)和小脑半球体积($t = 16.775, P = 0.000$)均大于微创化后,且差异有统计学意义;微创化前后手术路径中所显露的面听神经复合体体积($t = 1.680, P = 0.127$)和小脑前下动脉体积($t = 1.278, P = 0.233$)差异无统计学意义。结论 经枕下乙状窦后入路微创化手术路径能够在保证面听神经复合体解剖显露的情况下减少手术创伤。

【关键词】 小脑脑桥角; 面神经; 耳蜗神经; 显微外科手术

Anatomic research of suboccipito-retrosigmoidal approach for minimally invasive exposure of facial-acoustic nerve complex utilizing virtual reality skill

TANG Ke, ZHOU Jing-an, ZHOU Qing, ZHAO Ya-qun, LIU Ce

Department of Neurosurgery, the 309th Hospital of Chinese PLA, Beijing 100091, China

Corresponding author: ZHOU Jing-an (Email: slashchow@gmail.com)

【Abstract】 **Objective** To discuss microanatomy features of facial-acoustic nerve complex in suboccipito-retrosigmoidal minimally invasive approach based on virtual reality image model. **Methods** CT and MRI scans were performed to 5 adult cadaver heads, and then, image data was inputted into Vitrea virtual reality system to establish three-dimensional anatomy model of facial-acoustic nerve complex. Suboccipito-retrosigmoidal approach was simulated by selecting osseous landmark points on the calvaria and skull base. Anatomic exposures in surgical trajectory were observed and measured following minimally invasive design. Statistical comparison was launched by paired *t* test. **Results** Routes simulating suboccipito-retrosigmoidal approach for exposure of facial-acoustic nerve complex passed under the inferior edge of transverse sinus. Spacial sequence of nerves and vessels in the route was displayed clearly. Vertebral artery and posterior inferior cerebellar artery did not show in the route. Cerebella, lower cranial nerves, anterior inferior cerebellar artery, facial-acoustic nerve complex were exposed successively in route before minimally invasive design. Then, lower cranial nerves pierced the jugular foramen at the site between the jugular bulb and inferior petrosal sinus. Minimally invasive route was higher than that before minimally invasive design and involved cerebella, anterior inferior cerebellar artery and facial-acoustic nerve complex successively. Lower cranial nerves and jugular bulb were not shown in minimally invasive route. Measure and comparative analysis showed that volumes of route ($t = 36.331, P = 0.000$) and cerebella ($t = 16.775, P = 0.000$) involved before minimally invasive design were more than that after minimally invasive design with statistically significant difference. Comparison did not show significant differences for the volumes of facial-acoustic nerve complex ($t = 1.680, P = 0.127$) and anterior inferior cerebellar artery ($t =$

1.278, $P = 0.233$) between routes before and after minimally invasive design. **Conclusions** Minimally invasive routes of suboccipito-retrosgmoidal approach can reduce surgical injury without sacrifice of anatomic exposure for facial-acoustic nerve complex.

【Key words】 Cerebellopontine angle; Facial nerve; Cochlear nerve; Microsurgery

经枕下乙状窦后入路显露面听神经复合体是神经外科听神经鞘瘤或颅后窝脑膜瘤等疾病的常用手术入路^[1],其手术路径涉及后组脑神经、面听神经复合体、乙状窦、颈静脉球、小脑前下动脉、椎-基底动脉及其分支等重要解剖结构,术中一旦损伤上述组织结构,即产生严重术后并发症^[2]。随着微创手术路径的日趋丰富,关于该入路显露面听神经复合体的显微解剖信息亟待进一步完善。在本研究中,我们采用虚拟现实手术技术,模拟经枕下乙状窦后入路显露面听神经复合体的三维解剖结构,设计微创手术路径,同时观察并测量手术路径微创化前后解剖结构的变化。

材料与方法

一、实验材料

1. 标本来源 经体积分数为 10% 甲醛溶液固定的成人尸头标本 5 具(10 侧),购自北京大学医学部解剖学教研室,男性 4 例,女性 1 例;年龄 65~77 岁,平均(69.90 ± 4.78)岁。均经 CT 和 MRI 扫描获得 DICOM 格式影像学数据。采用文献[3]方法进行尸头标本灌注、影像学数据采集并获得实验参数。

2. 仪器与设备 Vitrea 虚拟现实系统由日本 Toshiba 公司提供。Vitrea fx 3.0 软件由日本 Toshiba 公司研发,用于影像学数据三维重建和术前计划。

二、研究方法

1. 实验方法 将 DICOM 格式影像学数据输入 Vitrea 虚拟现实图像处理工作站,构建面听神经复合体周围结构三维解剖影像模型^[3]。在该模型颅后窝处选择标记点:于内耳道入口上缘明确面神经进入内耳道上方、颈静脉孔前缘明确舌咽神经进入颈静脉孔上方、颈静脉孔后缘明确乙状窦与颈静脉球交汇处横截面中心。上述三点连线构成手术微创化前对颅底操作的三角区域,内含面听神经复合体;计算三角中心点,经三角区域中心轴线作直径为 2 cm 的圆柱,模拟经乙状窦后入路微创化前手术路径。三角区域中心为圆柱颅底侧底面圆心,于颅盖表面选择标记点作为圆柱颅盖侧底面圆形上缘,

使圆柱上缘与横窦和乙状窦交界处下缘相切,观察手术路径中神经血管结构并测量其体积。经内耳道入口上缘轴线作直径为 1 cm 的圆柱模拟微创化后手术路径,内耳道入口上缘为圆柱颅底侧底面圆心,于颅盖表面选择标记点作为圆柱颅盖侧底面圆形上缘,使圆柱上缘仍与横窦和乙状窦交界处下缘相切,观察手术路径微创化后神经血管结构并测量其体积。

2. 统计分析方法 采用 SPSS 16.0 统计软件进行数据处理与分析。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,微创化前后测量数据采用配对 t 检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

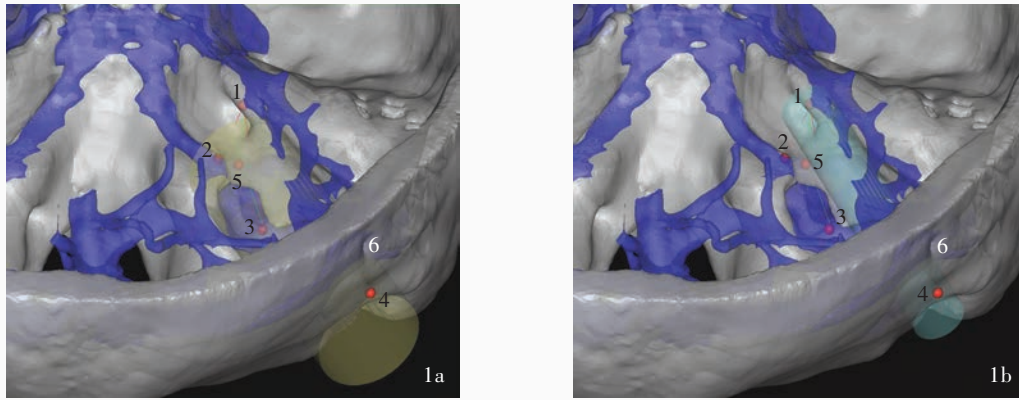
结 果

在本组 5 例(10 侧)尸头标本虚拟现实影像模型中,乙状窦后入路微创化前后手术路径均由横窦下方穿过,不包含椎动脉和小脑后下动脉,微创化后手术路径位置略高于微创化前(图 1)。微创化前,手术路径由外向内依次显露小脑半球、后组脑神经、小脑前下动脉、面听神经复合体,后组脑神经在岩骨背面、面听神经复合体下方,于颈静脉球和岩下窦之间穿出颈静脉孔(图 2);微创化后,手术路径由外向内依次显露小脑半球、小脑前下动脉和面听神经复合体,不包含后组脑神经和颈静脉球(图 2)。

对三维解剖影像模型中手术路径体积和小脑半球体积测量结果显示,微创化前二者体积均大于微创化后,且差异具有统计学意义(均 $P = 0.000$);而手术路径中所显露的面听神经复合体和小脑前下动脉体积,微创化前后差异则无统计学意义(均 $P > 0.05$,表 1)。

讨 论

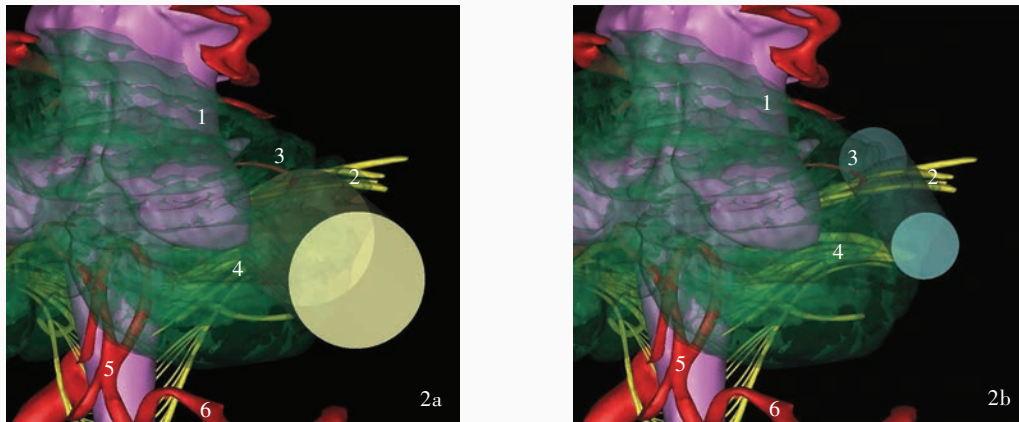
面神经和前庭神经自脑桥延髓沟发出后形成面听神经复合体,位于脑桥小脑角内,向内耳道走行。在听神经鞘瘤手术中,治疗面肌痉挛的面神经减压术和目前用于治疗耳聋的听觉脑干植入术^[4]等均涉及面听神经复合体的解剖。经枕下乙状窦后



1, superior margin of inner acoustic canal entrance, 内耳道入口上缘; 2, anterior margin of jugular foramen, 颈静脉孔前缘; 3, posterior margin of jugular foramen, 颈静脉孔后缘; 4, landmark point on the calvaria, 颅盖标记点; 5, triangle center, 三角区域中心; 6: transverse sinus, 横窦

图1 微创化前后手术路径模拟 1a 微创化前手术路径(黄色圆柱)与骨性标记和横窦间的关系 1b 微创化后手术路径(蓝色圆柱)与骨性标记和横窦间的关系

Figure 1 Surgical route simulation before and after minimally invasive design. Relationship of surgical route before minimally invasive design (yellow cylinder), osseous landmarks and transverse sinus (Panel 1a). Relationship of surgical route after minimally invasive design (blue cylinder), osseous landmarks and transverse sinus (Panel 1b).



1, cerebella, 小脑; 2, facial-acoustic nerve complex, 面听神经复合体; 3, anterior inferior cerebellar artery, 小脑前下动脉; 4, lower cranial nerves, 后组脑神经; 5, posterior inferior cerebellar artery, 小脑后下动脉; 6, vertebral artery, 椎动脉

图2 微创化前后手术路径所包含的解剖结构模拟 2a 微创化前手术路径(黄色圆柱)与神经血管间的关系 2b 微创化后手术路径(蓝色圆柱)与神经血管间的关系

Figure 2 Anatomic structures in surgical route before and after minimally invasive design. Relationship of surgical route before minimally invasive design (yellow cylinder), nerves and vessels (Panel 2a). Relationship of surgical route after minimally invasive design (blue cylinder), nerves and vessels (Panel 2b).

入路是上述手术的常规入路,但由于术中骨窗小、术野狭窄或脑桥小脑角内血管走行变异大等因素,手术风险较大^[5]。尤其是神经内镜技术在颅底外科应用日益广泛的背景下,经枕下乙状窦后入路微创显露面听神经复合体之解剖学研究具有重要意义。除尸头标本来源日趋紧张外,尚存在耗时长、难以重复利用等缺点^[6];而通过虚拟现实模拟技术建立三维解剖影像模型可有效用于颅底解剖学研

究^[7],该项技术在手术解剖学研究中能够发挥高效、准确、省时和节省标本等优点。在本研究中,我们采用该项虚拟现实模拟技术,量化评价手术微创化对经枕下乙状窦后入路手术的影响,对是否和如何应用神经内镜技术辅助该入路具有一定临床价值。

在我们以往的研究中,采用 Vitrea 虚拟现实系统成功构建了涵盖颈静脉孔区和周围脑神经、动静脉、骨性结构和小脑的三维解剖影像模型^[3]。其中,

表 1 三维解剖影像模型手术路径微创化前后测量数据的比较($\bar{x} \pm s, \text{mm}^3$)**Table 1.** Comparison of anatomic model before and after minimally invasive design ($\bar{x} \pm s, \text{mm}^3$)

Group	N	Surgical route	Cerebella	Lower cranial nerve	Facial-acoustic bundle	AICA
Before minimally invasive design	10	17 576.30 ± 1932.61	5758.10 ± 814.94	11.46 ± 1.32	41.35 ± 2.09	11.08 ± 2.38
After minimally invasive design	10	4 606.70 ± 823.56	3841.60 ± 504.88	0	41.56 ± 2.13	11.17 ± 2.22
<i>t</i> value		36.331	16.775	—	1.680	1.278
<i>P</i> value		0.000	0.000	—	0.127	0.233

—, Comparison was not performed for the reason that the surgical route did not involve such anatomic structures. AICA, anterior inferior cerebellar artery, 小脑前下动脉

切除小脑半球显露脑神经后,通过MRI扫描数据获取脑神经图像,经动脉和静脉分次灌注混合对比剂乳胶后,以CT扫描数据结合减影方法分别获取颈静脉孔区动静脉图像。不同解剖结构标记不同颜色有助于区分并观察各种结构之分布,结合图像旋转移动和透明度调节有利于非侵袭性、多角度、多层次观察立体解剖形态及其与周围结构的毗邻关系,从而建立解剖整体观,获得充足的解剖学信息,减少因研究者对解剖结构的空间猜测而造成的偏差。在此基础上,经乙状窦后入路显露面听神经复合体的模拟现实手术路径尚能够充分观察上述解剖结构的空层叠关系,神经内镜在手术路径中的移动使得上述层叠关系成为手术显露次序,也反映了神经内镜向靶点移动过程中遇到遮挡的顺序。

在模拟手术路径中,依据骨性标记点易显露和位置固定的原则进行选择^[8]。星点和Frankfurt平面是经枕下乙状窦后入路的常用标记点^[9],旨在定位横窦和乙状窦,以便在获得最佳术野的同时避免损伤静脉窦,但解剖变异将影响上述方法的准确性。我们应用影像学技术,通过横窦和乙状窦交界处下缘定位颅盖标记点,保证模拟手术路径与静脉窦下缘相切而避免横窦和乙状窦损伤,具有个体化指导术中导航的意义。所选择的内耳道入口上缘、颈静脉孔前缘和颈静脉孔后缘,均为经乙状窦后入路的显露靶点。这3个靶点在内耳道和颈静脉孔之间形成三角区域,在一定程度上体现了微创化前该手术入路的显露范围,其内包含面听神经复合体。微创化前手术路径以经过三角区域中心的轴线作圆柱,以确定手术路径方向,形成微创化前显露面听神经复合体的模拟路径。手术路径微创化后,为保证显露范围包含面听神经复合体,以内耳道入口上缘为轴线的圆柱,颅盖侧底面体现骨窗直径由微创化前

的2 cm缩小为1 cm,形成微创化后显露面听神经复合体的模拟路径。目前临床常用的神经内镜直径为4 mm,本研究圆柱状模拟路径体积体现了神经内镜在手术路径中的活动范围。微创化前后手术路径体积差异具有统计学意义,表明微创化需在一定程度上牺牲神经内镜等器械的空间操作范围。

在乙状窦后入路的测量数据量化分析中,需牵拉小脑半球以显露面听神经复合体^[5],经比较发现,微创化手术路径中小脑体积明显减少,在一定程度上体现了微创化手术路径可减少对小脑的牵拉。后组脑神经常在经乙状窦后入路显露面听神经复合体的路径中形成一定遮挡^[10],本研究结果显示,微创化后手术路径中不含后组脑神经,提示微创化手术路径能够有效避开后组脑神经形成的遮挡而到达面听神经复合体,但对该微创化手术路径处理超出面听神经复合体范围而侵犯颈静脉孔区的脑桥小脑角肿瘤则作用较小。需仔细辨别面听神经复合体与血管之间的关系,小脑前下动脉在内耳门外凸呈襻状,为前庭和耳蜗供血,该动脉与面听神经复合体之间的解剖关系变异较大^[11],术中应注意轻柔操作,避免血管痉挛或闭塞。本研究小脑前下动脉和面听神经复合体体积差异无统计学意义,体现了微创化手术路径在减少创伤的同时,避免牺牲对靶点结构的显露程度,对面肌痉挛的微血管减压术微创化具有临床价值。

本研究样本量较小,对尸头标本不同侧别手术路径中的解剖差异尚待进一步扩大样本量进行评价。虚拟现实三维解剖影像模型无法体会实际尸头解剖中组织牵拉和切割等触感,遇重要解剖结构时尚无预警系统和触觉反馈,因此在提高手术技巧方面,需要对照尸头标本解剖进行互补研究。本研究形成的手术框架较为机械,不能完全体现真实手

术路径对小脑组织的牵拉。手术路径的选择除与路径中所包含解剖结构的范围和多少有关,还与病变性质及与神经血管关系和粘连程度有关。因此,上述局限性应通过发展高分辨力图像采集、仿生学和计算机人工智能技术建立更为个体化、实时、仿生的虚拟现实模型得以解决。

参 考 文 献

- [1] Qi HW, Wang ZG, Zhang XD, Fan FS, Zhang WN, Cheng JY. Microvascular decompression surgery for hemifacial spasm. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2010, 10:563-566. [齐洪武, 王政刚, 张旭东, 樊丰势, 张卫宁, 程建业. 微血管减压术治疗面肌痉挛. 中国现代神经疾病杂志, 2010, 10:563-566.]
- [2] Zhang LP, Zhang XQ, Han P. Application of facial nerve monitoring in surgery for cerebellopontine tumor. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2010, 10:495-496. [张丽萍, 张雪青, 韩璞. 面神经功能监测在桥小脑角区肿瘤手术中的应用. 中国现代神经疾病杂志, 2010, 10:495-496.]
- [3] Tang K, Zhou JA, Zhou Q, Zhao YQ, Liu C. Simulation of jugular foramen region exposure through suboccipital-retrosigmoidal approach by virtual reality system. Di San Jun Yi Da Xue Xue Bao, 2013, 35:2359-2362. [汤可, 周敬安, 周青, 赵亚群, 刘策. 枕下乙状窦后入路显露颈静脉孔区的虚拟现实模拟研究. 第三军医大学学报, 2013, 35:2359-2362.]
- [4] Tan VY, D'Souza VD, Low WK. Acoustic brainstem implant in a post-meningitis deafened child: lessons learned. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2012, 76:300-302.
- [5] Kane AJ, Sughrue ME, Rutkowski MJ, Berger MS, McDermott MW, Parsa AT. Clinical and surgical considerations for cerebellopontine angle meningiomas. J Clin Neurosci, 2011, 18: 755-759.
- [6] Tang K, Zhou JA, Zhou Q, Liu C, Zhao YQ. Exposing cavernous sinus through transfrontal vs transorbital approach: a quantitative comparison with virtual reality system. Di San Jun Yi Da Xue Xue Bao, 2013, 35:145-148. [汤可, 周敬安, 周青, 刘策, 赵亚群. 联合入路中经额与经眶额方向显露海绵窦手术的虚拟现实量化比较. 第三军医大学学报, 2013, 35:145-148.]
- [7] Tang K, Li Y, Zhou JA, Zhou Q, Liu C, Zhao YQ. Simulation of petrous bone drilling in subtemporal approach utilizing virtual reality system. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2012, 12:736-740. [汤可, 李阳, 周敬安, 周青, 刘策, 赵亚群. 经颞下入路磨除岩骨虚拟现实模拟研究. 中国现代神经疾病杂志, 2012, 12:736-740.]
- [8] Tang K, Bao SD, Zhou JA, Zhou Q, Liu C, Zhao YQ. Quantitative research of microsurgical anatomy of transfrontal approach for cavernous sinus by virtual reality skill. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2011, 11:590-594. [汤可, 鲍圣德, 周敬安, 周青, 刘策, 赵亚群. 虚拟现实技术量化经额入路显露海绵窦区显微解剖研究. 中国现代神经疾病杂志, 2011, 11:590-594.]
- [9] Li HH, Yue SY, Li YG, Hao JG, He ZZ. A microanatomical study on the surrounding structures of the cisternal segment of trigeminal nerve. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2010, 10:662-667. [李海红, 岳树源, 李勇刚, 郝建国, 贺中正. 脑池段三叉神经周围结构的显微解剖. 中国现代神经疾病杂志, 2010, 10:662-667.]
- [10] Heman-Ackah SE, Cosetti MK, Gupta S, Golfinos JG, Roland JT Jr. Retrosigmoid approach to cerebellopontine angle tumor resection: surgical modifications. Laryngoscope, 2012, 122:2519-2523.
- [11] Ciappetta P, Occhiogrosso G, Luzzi S, D'Urso PI, Garribba AP. Jugular tubercle and vertebral artery/posterior inferior cerebellar artery anatomic relationship: a 3 - dimensional angiography computed tomography anthropometric study. Neurosurgery, 2009, 64(5 Suppl 2):429-436.

(收稿日期:2014-03-03)

· 小 词 典 ·

中英文对照名词词汇(四)

线粒体脑肌病伴乳酸血症和卒中样发作
mitochondrial encephalopathy with lactic acidemia and stroke-like episodes(MELAS)
HTLV-1 相关性脊髓病
human T-cell leukemia virus I myelopathy(HAM)
小脑顶核电刺激术 fastigial nucleus stimulation(FNS)
虚拟现实系统 virtual reality system(VR)
血管炎性周围神经病
vasculitic peripheral neuropathy(VPN)
烟雾病 moyamoya disease(MMD)
延髓内侧梗死 medial medullary infarction(MMI)
异硫氰酸荧光素 fluorescein isothiocyanate(FITC)
Glasgow 预后分级 Glasgow Outcome Scale(GOS)
运动单位电位 motor unit potential(MUP)
Fugl-Meyer 运动量表 Fugl-Meyer Motor Scale(FMMS)
运动诱发电位 motor-evoked potentials(MEPs)

藻红蛋白 phycoerythrin(PE)
正常血钾型周期性麻痹
normokalemic periodic paralysis(NormPP)
正中神经电刺激术 medianus nerve stimulation(MNS)
肢带型肌营养不良症
limb-girdle muscular dystrophy(LGMD)
脂质沉积性肌病 lipid storage myopathy(LSM)
周期性麻痹 periodic paralysis(PP)
周期性同步放电 periodic synchronous discharge(PSD)
主要组织相容性复合物
major histocompatibility complex(MHC)
Andersen-Tawil 综合征 Andersen-Tawil syndrome(ATS)
Kearns-Sayre 综合征 Kearns-Sayre syndrome(KSS)
Turner 综合征 Turner syndrome(TS)
总胆固醇 total cholesterol(TC)