

• 综述 •

# 一个新的血型系统:CTL2 血型抗原

胡氏月<sup>1</sup> 李树中<sup>1△</sup> 田丰<sup>2</sup> 李中华<sup>3</sup> 李凌波<sup>4</sup>

[关键词] CTL2 抗原;新血型系统;基因突变位点;外显子序列;氨基酸序列;输血

DOI:10.13201/j.issn.1004-2806.2021.04.017

[中图分类号] R457.1 [文献标志码] A

## A new blood group system: CTL2 blood group antigen

**Summary** CTL2 blood group antigen is the latest systemic antigen. It was confirmed and published by the International Blood Transfusion Association (ISBT) in October 2019. The gene locus, gene sequence, gene mutation and amino acid sequence of this antigen were introduced in detail. CTL2 antigen is a solute carrier transporter (SLC) SLC44A2 in the large family of cell membrane solute carrier transporters (SLC). It is a choline transporter on the membrane and participates in choline transport inside and outside the cell membrane. It is one of the most important transporters of human body. CTL2 blood group system has two antigens, and all of them are high frequency antigens, which are closely related to blood transfusion and HDNF.

**Key words** CTL2 antigen; new blood group system; gene mutation site; exon sequence; amino acid sequence; blood transfusion

2019 年 10 月国际输血协会 (ISBT) 公布了一个新发现的红细胞血型抗原——CTL2 血型系统抗原, 给予这个系统抗原的命名编号为 039, 目前该系统有 2 个抗原: 编号 039001 的 CTL2.1 抗原和编号 039002 的 Rif 抗原。本文就 CTL2 血型系统的相关研究进展和有关技术数据, 做一简略介绍。

### 1 基因

CTL2 抗原的基因位点在 19 号染色体; 19p13.2, 基因名: SLC44A2, 也称 CTL2、PP1292, 基因编号: 57153, HGNC 基因库注册号: HGNC: 17292, 该抗原没有 DNA 基因的 NG 注册号。mRNA 转录体有 22 个外显子, 基因库注册号: NM\_020428 (mRNA 转录体 1), 基因长: 3374 bp。基因翻译编码产物是: 溶质载体转运蛋白 (SLC44A2), 蛋白注册编号: NP\_065161 (图 1)。



图 1 SLC44A2 基因外显子

22 个外显子各段编码见表 1。

在启动子 5' 端有一段 GATA 编码段, 是细胞分化控制基因。在外显子 1 上有一段引导肽编码

基因, 翻译编码 13~22 个氨基酸的引导肽, 引导肽负责整条肽链的定位引导和穿膜引导, 完成穿膜后被切除 (图 2)。

表 1 各外显子长 bp

外显子	长度	外显子	长度
1	1~118	12	1037~1136
2	119~167	13	1137~1229
3	168~241	14	1230~1314
4	242~326	15	1315~1577
5	327~411	16	1578~1672
6	412~522	17	1673~1776
7	523~583	18	1777~1850
8	584~707	19	1851~1921
9	708~791	20	1922~2010
10	792~904	21	2011~2095
11	905~1036	22	2096~3374

SLC44A2 基因有多态性。基因突变多发生在外显子 1、4、7、10、12、13、22 上, 常见的是在外显子 7 上发生 461G>A 突变, 导致氨基酸发生 154Arg>Gln 改变, 这个突变导致改变发生在肽链的膜外第一环上, 与 CTL2 抗原性质有关。其中 461 突变导致的 153、154 位氨基酸改变是错义突变, 其他都是同义突变 (图 3)。

本文所介绍是红系 CTL2 抗原基因, 采用的是注册为 NM\_020428 (mRNA 转录体 1) 的基因转录体。另外还有一个非红系的注册基因转录体。2 个基因转录体差别在外显子 1 上, 即外显子 1 有 1a 和 1b, 红系的是外显子 1b, 非红系的是外显子 1a。在外显子 1a 和外显子 1b 之间有一个 22.8 kb 的内含子 (图 4)。

<sup>1</sup> 江苏大学附属昆山医院 (江苏昆山, 215300)

<sup>2</sup> 江苏省昆山市第三人民医院

<sup>3</sup> 黑龙江省牡丹江市第二人民医院

<sup>4</sup> 长春博讯生物技术有限责任公司

△ 审校者

通信作者: 李树中, E-mail: kssyylsz@sina

1	agtgccctccc	tccagactcgc	ggagggtcga	gggggcgccgg	gagagagcgc	gggcgcccgcc
61	cggggcctggg	cgccctgcagg	gatggggggac	gagcggccccc	actactacgg	gaaacacggga
121	acgccacaga	agtatgatcc	cactttcaaaa	ggaccatttt	acaatagggg	ctgcacggat
181	atcataatgct	gtgtgtttcct	gctccctggcc	atgtgtgggct	acgtggctgt	aggcaatcata
241	gcctggactc	atggagaccc	tcgaaagggtg	atctacccca	ctgacagccg	gggfcgagttc
301	tgcgggcaga	agggcacaaa	aaacgagAAC	aaaccctatc	tgtttttatft	caacattgtg
361	aaatgtgcca	gccccctggg	tctgctggaa	ttccaatgtc	ccactccccca	gatctgctgt
421	gaaaaaatgce	ccgaccgcta	cctcacgtac	ctgaaatgctc	gcagctcccgc	ggacttttgag
481	tactataagc	agttctgtgt	tcttggcttc	aagaacaata	aaggagtggc	tgagggtgctt
541	caagatgggtg	actgcccctgc	tgtccctcatt	cccagcaaac	ccttggcccgc	gagatgcttc
601	cccgcctatcc	acgcctacaa	gggtgtcctg	atgggtgggca	atgagacgac	ctatgaggat
661	gggcctggcct	cccggaaaaa	catcacagac	ctgggtggagg	gcgccaaagaa	agccaatgga
721	gtcctagagg	cgccgcaact	cgccatgcgc	ataattgaag	attacaccgt	ctcttggta
781	tggattatca	taggcccctgg	cattgccatg	gcgatgagcc	tccgtgttc	ctcttggta
841	cgcttccctgg	ctggtaattat	ggcttgggtg	atgatcatca	tgggtgattct	gggtgctgggc
901	tacggaatat	ttcactgcta	catggagtac	tcccactgct	gtgggtgaggc	cggtctctgat
961	gtctctttgg	tggacctcgg	ctttcagacg	gatttccggg	tgtacctgca	cttacggcag
1021	acctggttgg	cctttatgat	cattctgagt	atccttgaag	tcattatcat	cttgcctgctc
1081	atctttctcc	ggaagagaat	tctcatcgcg	atgcaactca	tcaaagaagc	cagcagggct
1141	gtgggatacag	tcatgtgtctc	cttgcctctac	ccactgggtca	ccttcttctt	gctgtgcttc
1201	tgcactgcct	actggggccag	cactgctgtc	ttcctgtcca	cttccaacga	agcgggtctat
1261	aagatctttg	atgacagccc	ctgcccattt	actgcgaaaa	cctgcaaccc	agagaccttc
1321	ccctcctcca	atgagtcaccg	ccaatgcccc	aatgcccgtt	gccagtctgc	cttctacggt
1381	gggtgagtcgg	gctaccaccg	ggcccctgctg	ggcctgcaga	tcttcaatgc	cttcatgttc
1441	ttctggttgg	ccaacttctgt	gctggcgctg	ggccagggtca	cgctggcccgc	ggcctttgccc
1501	tccactact	gggcccctgcg	caagccggac	gacctgcccgc	ccttcccgcct	cttctctgccc
1561	tttggcccggg	cgctcaggta	ccacacaggc	tcccctggcct	ttggcgcgct	cttctctgccc
1621	atttgtcaga	tcatccgtgt	gataactegag	tacctggatc	agcggctgaa	agctgcagag
1681	aacaagtittg	ccaagtgcct	catgacctgt	ctcaaatgct	gcttctgggtg	cttggagaaag
1741	ttcatcaaat	tctttaatag	gaatgcctac	atcatgattg	ccatctacgg	caccaatttc
1801	tgcacctcgg	ccaggaaatgc	cttcttccctg	ctcatgagaa	acatcatcag	agtggtctgtc
1861	ctggataaaag	ttaactgactt	cctcttccctg	ttggggcaaac	ttctgatcgt	tggtagtgtg
1921	gggatcctgg	ctttcttctt	cttcaaccac	cgtaatcagga	tcgtgcagga	tacagcacc
1981	ccctcaatt	attactgggt	tccataactg	acgggtgatcg	ttggctccta	cttgattgca
2041	cacggtttct	tcagegtcta	tggcatgtgt	gtggacacgc	tgttccctctg	cttcttggag
2101	gacctggaga	ggaatgacgg	ctcggccgag	aggccttact	tcatgtcttc	caacctcaag
2161	aaactcttga	acaagacc	caagaaggca	gcggagtcct	gaaggccccc	tgttccccac
2221	ctctcaagg	gtctcatgccc	gcagggtgtct	cagtagctgg	gtctgttccc	ccagccccct
2281	gggctcacc	gaagtccctat	cactgcccct	ctgcccctcc	ccatgagcca	gatccccaca
2341	gtttctggac	gtggagagtc	tggggcatct	ccttcttatg	ccaagggggcg	cttggagttt
2401	tcatggctgc	ccctccagac	tgcgagaaac	aagtaaaaac	ccattgggggc	ctcttgaatgt
2461	ctgggatggc	acgtggcccgc	acctccacaa	gctcccctcat	gcttccctgtc	ccccgcttac
2521	acgacaacgg	gccagaccac	aggaaaggacg	gtgtttgtgt	ctgaggggagc	tgttggccac
2581	agtgaacacc	caegtfttat	cctgcccctgt	ccggccaggga	ctgaaccccct	tctccacacc
2641	tgaacagtgtg	gctcaagggc	caccagaagc	atftctttat	tattattatt	ttttaacctg
2701	gacatgcatt	aaagggtctta	ttagctttct	ttccgtctgt	ctcaacagct	gagatggggc
2761	cgccaaggag	tgccttccct	ttgctcccct	ctagctggga	gtgacgggtg	ggagtgtgtg
2821	tgcccagggtg	gggggtgtctc	ctggctggga	aggaggga	gggagggaga	gttttgcggg
2881	ggttggcagt	ggagagcagg	ctggagagga	gatggctaat	agctgttttaa	tggaaaacctg
2941	ctgggctggga	gggagttagg	ctgaaatttc	cgacttcttc	tgccagttat	tgaacacagct
3001	ctctttgtaa	gagaggaaag	aaactaaacc	caccacaagg	atgatgtcag	ggggagaggt
3061	ggagggcaga	tgtccctgggc	aaaccgggccc	cctctgccc	cacacctcac	ttgatccctt
3121	tgcccactt	gtcaaacctca	ggggaaactgg	cttcccagtt	gcccccttgc	catattccaa
3181	gtccccctca	gacttcatgt	ctctgctcat	cagcactgtc	ccaggatcct	ggagagggag
3241	aaactcctggc	cccaggggaa	agaggggggg	gtctcccgtt	tccgtgtgct	gcaccagccc
3301	tgccccctatt	gcgtctgcac	acccctgcgt	gtaactgcat	tccaaccact	aataaagtgc
3361	ctattgtaca	ggctc				

图 2 SLC44A2 外显子的核苷酸序列

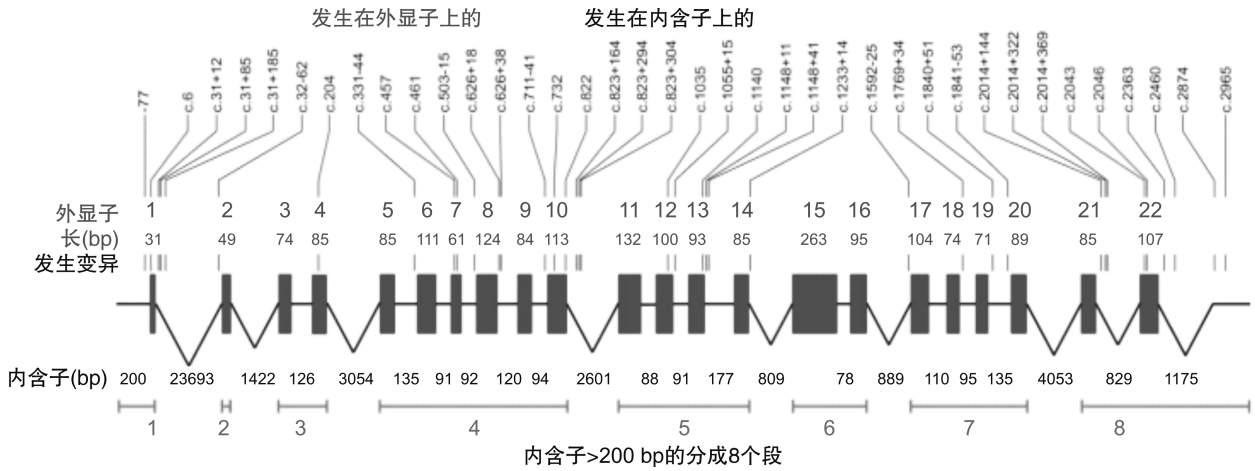


图 3 各个外显子、内含子突变位点

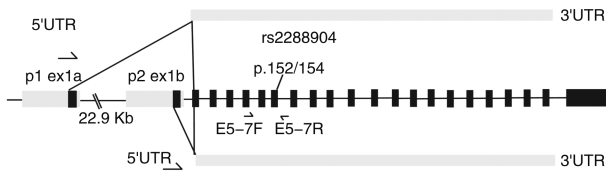


图 4 红系与非红系外显子序列

非红系 SLC44A2 基因转录体的注册号是: NM\_001145056(mRNA 转录体 2), 转录有 22 个外显子, 翻译产物的蛋白注册编号是: NP\_001138528.1<sup>[1-13]</sup>。

## 2 分子生物学

CTL2 抗原的基因编码翻译的产物“CTL2 糖蛋白”, 是溶质载体转运蛋白 44A2(SLC44A2), 也是膜分化抗原 CD92。抗原糖蛋白肽链由 706 个氨基酸组成, 分子量约 68~72 KD(图 5)。

CTL2 糖蛋白是 N 糖基化糖蛋白, 肽链 10 次穿过细胞膜, 其 N 端、C 端都在膜内, 在膜外留下 5 个环, 属于 III 型跨膜蛋白。CTL2 抗原表达在膜外第一环上, 由外显子 5、7 翻译编码。各外显子转录翻译的肽链氨基酸段见图 6、图 7。

CTL2 糖蛋白是溶质载体转运蛋白(solute carrier, SLC)家族中的第 44 族的 A 组第 2 个(SLC44A2), 这个家族的 CTL2.1 抗原和 Rif 抗原, 都是红细胞血型抗原。

SLC44A2 是细胞膜上胆碱转运蛋白, 所以也称为胆碱转运蛋白, 主要参与胆碱的细胞膜内膜外运输, 是细胞合成磷脂酰胺胆碱主要参与者。磷脂酰胺胆碱也称卵磷脂, 包括有磷酸甘油酯和鞘磷脂, 是生物细胞主要的组成成分(包括线粒体、内质网、细胞核、高尔基器、叶绿体、细胞膜等的合成)。

MGDERPHYYG	KHGTTPQKYDP	TFKGPIYNRG	CTDIICCVFL	LLAIVGYVAV	50
GIIAWTHGDP	RKVIYPTDSR	GEFCGQKGTK	NENKPPLYFYF	NIVKCASPLV	100
LLEFQCPTPQ	ICVEKCPDRY	LTLYLNARSSR	DFEYYKQFCV	PGFKNNKGVA	150
EVLQDGD CPA	VLIPSKPLAR	RCFPAIHAYK	GVL MVGNETT	YEDGHGSRKN	200
ITDLVEGAKK	ANGVLEARQL	AMRIFEDYTV	SWYWI I IGLV	IAMAMSL LFI	250
ILLRFLAGIM	VWVMIIMVIL	VLGYGIFHCY	MEYSRLRGEA	GSDVSLVDLG	300
FQTD FRVYLH	LRQ TWLAFMI	ILSILEV I I I	LLLIFLRKRI	LIAIALIKEA	350
SRAVG YVMCS	LLYPLVTF FL	LCLCIA YWAS	TAVFLSTSNE	AVYKIFDDSP	400
CPFTAKTCNP	ETFPSSNESR	QCPNARCQFA	FYGGESGYHR	ALLGLQIFNA	450
FMFFWL ANFV	LALGQVTLAG	AFASY YWALR	KPDDLPAFPL	FSAFGRALRY	500
HTGSLAF GAL	ILAIVQ I IRV	ILEYLDQRLK	AAENKFAKCL	MTCLKCCFWC	550
LEKFIKFLNR	NAYIMIAIYG	TNFCTSARNA	FLLMRNIIR	VAVLDKVTDF	600
LFLLGKLLIV	GSVGILAFF F	FTHRIRIVQD	TAPPLNYYWV	PILTIVIGSY	650
LIAHGFFSVY	GMCVDTLFLC	FLEDLERNDG	SAERP YFMSS	TLKKLLNKTN	700
KKAAES					706

图 5 CTL2 糖蛋白的氨基酸序列

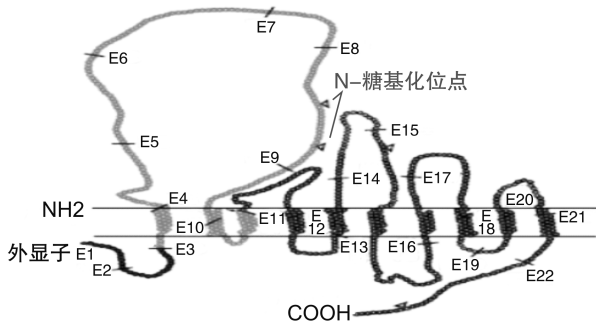
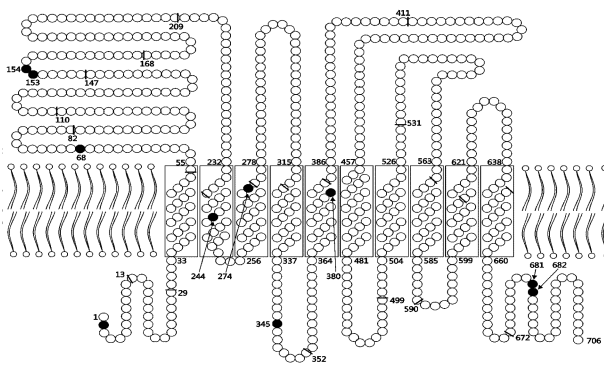


图6 CTL2糖蛋白肽链



黑点的都是突变位点

图7 突变导致肽链改变的位置

SLC 多数都位于细胞膜上,是细胞膜上最大一族跨膜转运蛋白载体,目前已发现的有 55 个家族,共 362 个蛋白,参与所有的细胞膜上氨基酸、核苷酸、糖、无机离子和药物的吸收和运输。其中近 100 种 SLC 与运输氨基酸有关。目前,在细胞领域许多的尖端研究课题都与 SLC 有关,研究发现许多的临床疾病都与 SLC 相关,尤其是肿瘤的发生、发展、治疗、预后都与 SLC 高度相关。在理论上许多的红细胞血型抗原应该都属于 SCL,但目前知道的只有 SLC29 是核苷转运蛋白,也就是系统抗原 AUG(036),该家族有 2 个蛋白,以及本文介绍的 CTL2 抗原,是 SLC 家族 44 号中的 A2 组转运蛋白。

SLC 是人体生理生化代谢、人体免疫机制的重要组成部分,许多的人体生化代谢、免疫应答都是在 SLC 的作用下完成。如 SCL26 是膜上阴离子转运蛋白,该家族有 11 个蛋白。SLC11 是巨噬细胞膜上转运蛋白,该家族有 6 个蛋白。SLC39 是锌转运蛋白,该家族有 2 个蛋白。SLC25 是线粒体转运蛋白,该家族有 19 个蛋白。SLC4A11 是硼酸钠转运蛋白,SLC38A4 是氨基酸转运蛋白<sup>[1-3,14-20]</sup>。

### 3 免疫血型学

CTL2 血型系统是新发现的红细胞血型抗原,目前该系统有 2 个抗原,都是高频抗原。CTL2 抗原不仅存在于红细胞膜上,还广泛存在于粒细胞、单核细胞、白细胞、和组织细胞膜上(肺、肝、肾、结肠)。

### 3.1 CTL2.1 抗原

CTL2.1 抗原,编号 039001,是高频抗原,在所有人群中的分布频率都在 99% 以上。抗 CTL2.1 抗体,目前的报告都是 IgG 类,都是免疫产生的,可能与输血、怀孕有关。但目前缺少与输血、HDNF 相关的报道。

### 3.2 Rif 抗原,

Rif 抗原,编号 039002,是高频抗原。抗 Rif 抗体,目前的报道都是 IgG 类,都是免疫产生的,可能与输血、怀孕有关。但目前缺少与输血、HDNF 的相关报道<sup>[1-3,21-24]</sup>。

### 4 小结

本文介绍了 ISBT 最新公布的红细胞血型系统 CTL2 抗原(编号 039)。综上所述,CTL2 抗原是一个具有临床输血意义的血型抗原,与输血和 HDNF 都有相关性。CTL2 抗原是 SLC44A2,是溶质载体转运蛋白(SLC)大家族成员里的 44 号中组的蛋白,是一个重要的跨膜转运蛋白,是膜上胆碱转运蛋白。在 39 个系统血型抗原里,只有 2 个属于溶质转运蛋白,另一个是 AUG 抗原(036)是 SLC29,是核苷转运蛋白。

许多的红细胞血型抗原都是转运蛋白,都参与细胞的转运功能,如 RH 抗原是氨转运蛋白,KX 抗原是尿素转运蛋白,Ge 抗原是阴离子转运蛋白,Co 抗原是水转运蛋白,Lan 抗原是亚铁血红素转运蛋白,Jr 抗原是乳腺癌耐药转运蛋白,Vel 抗原是铁转运蛋白等。

截至到 2019 年 10 月 ISBT 确认公布的血型系统已经有 39 个,确认的系统抗原 330 个,自此,所有的红细胞血型抗原达到了 391 个,其中由 ISBT 确认命名的抗原 367 个(系统抗原 330 个、集合 14 个、系列 23 个),未经 ISBT 命名的抗原 24 个(多凝集红细胞抗原 10 个、与系统相关的抗原 14 个)。下一个系统抗原很可能就是 T 和 Tn 抗原(即现在的多凝集红细胞抗原),因为这 2 个抗原在基因、分子生物学、免疫血型学方面已经达到、或接近达到一个系统抗原的要求。

自 2010 年之后,红细胞血型抗原的研究有了很大的进展,编号 031 之后的都是新发现抗原,在这近 10 年里对血型抗原有许多深入的研究报告,使我们对红细胞血型抗原有了比较深刻的认知,了解到了红细胞血型抗原就是人体生理生化功能的一部分、是人体免疫机制组成的一部分<sup>[25-30]</sup>。

### 参考文献

- [1] Wei S,Wang Y,Yang Y,et al. A path recorder algorithm for Multiple Longest Common Subsequences (MLCS)problems[J]. Bioinformatics, 2020, 36(10): 3035-3042.
- [2] Tolman WB,Miller SJ,Chirik PJ,et al. Straddling the Rooftop: Finding a Balance between Traditional and

- Modern Views of Chemistry+Reflections on the Upcoming ACS Publications Forum Featuring Scientific Diversity in Inorganic/Organic Chemistry in Europe, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany, October 10 and 11, 2018 (<https://www.bit.ly/ACSHeidelberg>) [J]. *Org Lett*, 2018, 20(17): 5075-5081.
- [3] Custer B, Janssen MP, Hubben G, et al. Development of a web-based application and multicountry analysis framework for assessing interdicted infections and cost-utility of screening donated blood for HIV, HCV and HBV [J]. *Vox Sang*, 2017, 112(6): 526-534.
- [4] Kommareddi P, Nair T, Kakaraparthi BN, et al. Hair Cell Loss, Spiral Ganglion Degeneration, and Progressive Sensorineural Hearing Loss in Mice with Targeted Deletion of *Slc44a2/Ctl2* [J]. *J Assoc Res Otolaryngol*, 2015, 16(6): 695-712.
- [5] Apipongrat D, Numbenjapon T, Prayoonwivat W, et al. Association between *SLC44A2* rs2288904 polymorphism and risk of recurrent venous thromboembolism among Thai patients [J]. *Thromb Res*, 2019, 174: 163-165.
- [6] Flesch BK, Reil A. Molecular Genetics of the Human Neutrophil Antigens [J]. *Transfus Med Hemother*, 2018, 45(5): 300-309.
- [7] Maltby VE, Lea RA, Graves MC, et al. Genome-wide DNA methylation changes in CD19+ B cells from relapsing-remitting multiple sclerosis patients [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 17418.
- [8] Tilburg J, Adili R, Nair TS, et al. Characterization of hemostasis in mice lacking the novel thrombosis susceptibility gene *Slc44a2* [J]. *Thromb Res*, 2018, 171: 155-159.
- [9] Ou GJ, Su PC, Yu H, et al. HNA-3a and HNA-3b antigens among 9 ethnic populations and the Han population in Southwest China [J]. *J Transl Med*, 2018, 16(1): 67.
- [10] Bryk AH, Wisniewski JR. Quantitative Analysis of Human Red Blood Cell Proteome [J]. *J Proteome Res*, 2017, 16(8): 2752-2761.
- [11] Nair TS, Kommareddi PK, Galano MM, et al. *SLC44A2* single nucleotide polymorphisms, isoforms, and expression: Association with severity of Meniere's disease? [J]. *Genomics*, 2016, 108(5-6): 201-208.
- [12] Heestermans M, Cunha ML, Reitsma PH, et al. Circulating nucleosomes and elastase  $\alpha$ 1-antitrypsin complexes and the novel thrombosis susceptibility locus *SLC44A2* [J]. *Thromb Res*, 2016, 142: 8-10.
- [13] Flesch BK, Curtis BR, de Haas M, et al. Update on the nomenclature of human neutrophil antigens and alleles [J]. *Transfusion*, 2016, 56(6): 1477-1479.
- [14] Iwao B, Yara M, Hara N, et al. Functional expression of choline transporter like-protein 1 (CTL1) and CTL2 in human brain microvascular endothelial cells [J]. *Neurochem Int*, 2016, 93: 40-50.
- [15] Kommareddi P, Nair T, Kakaraparthi BN, et al. Hair Cell Loss, Spiral Ganglion Degeneration, and Progressive Sensorineural Hearing Loss in Mice with Targeted Deletion of *Slc44a2/Ctl2* [J]. *J Assoc Res Otolaryngol*, 2015, 16(6): 695-712.
- [16] Chen Q, Srivastava K, Ardinski SC, et al. Full-length nucleotide sequences of 30 common *SLC44A2* alleles encoding human neutrophil antigen-3 [J]. *Transfusion*, 2016, 56(3): 729-736.
- [17] Bayat B, Tjahjono Y, Berghöfer H, et al. Choline Transporter-Like Protein-2: New von Willebrand Factor-Binding Partner Involved in Antibody-Mediated Neutrophil Activation and Transfusion-Related Acute Lung Injury [J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2015, 35(7): 1616-1622.
- [18] Germain M, Chasman DI, de Haan H, et al. Meta-analysis of 65,734 individuals identifies *TSPAN15* and *SLC44A2* as two susceptibility loci for venous thromboembolism [J]. *Am J Hum Genet*, 2015, 96(4): 532-542.
- [19] Storch EK, Hillyer CD, Shaz BH. Spotlight on pathogenesis of TRALI: HNA-3a (CTL2) antibodies [J]. *Blood*, 2014, 124(12): 1868-1872.
- [20] Matsuhashi M, Tsuno NH, Ikeda T, et al. The frequencies of *SLC44A2* alleles among the Japanese population [J]. *Tissue Antigens*, 2013, 81(4): 227-228.
- [21] Traiffort E, O'Regan S, Ruat M. The choline transporter-like family *SLC44*: properties and roles in human diseases [J]. *Mol Aspects Med*, 2013, 34(2-3): 646-654.
- [22] Flesch BK, Wesche J, Berthold T, et al. Expression of the CTL2 transcript variants in human peripheral blood cells and human tissues [J]. *Transfusion*, 2013, 53(12): 3217-3223.
- [23] Huvard MJ, Schmid P, Stroncek DF, et al. Frequencies of *SLC44A2* alleles encoding human neutrophil antigen-3 variants in the African American population [J]. *Transfusion*, 2012, 52(5): 1106-1111.
- [24] Beyer LA, Galano MM, Nair TS, et al. Age-related changes in expression of CTL2/*SLC44A2* and its isoforms in the mouse inner ear [J]. *Hear Res*, 2011, 282(1-2): 63-68.
- [25] 张志琴, 李中华, 张黎雯. Duffy 血型抗原的 G-蛋白偶联受体作用 [J]. *临床血液学杂志*, 2019, 32(2): 162-166.
- [26] 徐姿, 李中华, 李凌波. Junier 抗原的最新研究进展 [J]. *临床血液学杂志*, 2019, 32(4): 322-326.
- [27] 王鹤, 李中华, 李凌波. RHAG 血型抗原研究进展 [J]. *临床血液学杂志*, 2019, 32(6): 479-482.
- [28] 叶小英, 李中华, 李凌波, 等. CD59-血型抗原的研究新进展 [J]. *临床血液学杂志*, 2019, 32(6): 487-489.
- [29] 张娇, 李中华, 李凌波. Sda 抗原研究进展 [J]. *临床血液学杂志*, 2019, 32(8): 648-650.
- [30] 胡氏月, 李中华, 吴建红, 等. Globoside 血型抗原研究进展 [J]. *临床血液学杂志*, 2019, 32(10): 813-817.