

# 红细胞血型抗原的最新研究进展

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

[关键词] 系统抗原;系列抗原;集合抗原;基因位点

DOI:10.13201/j.issn.1004-2806.2021.02.016

[中图分类号] R446.6 [文献标志码] A

## Recent research progress of erythrocyte blood group antigen

**Abstract** In October 2019, ISBT published 39 RBC blood group systems and 330 systemic antigens. So far, 391 RBC blood group antigens have been identified, of which 367 have been identified as "system", "collection" and "series" antigens by ISBT, and 24 have not been identified and classified by ISBT. In this paper, we collate and list the related genes and molecular biology data of "system antigen", as well as related database registration data.

**Key words** system antigen; series antigen; collection antigen; gene locus

2019年10月国际输血协会(ISBT)公布了3个新的红细胞系统抗原,更新后红细胞血型系统已经达到39个,系统抗原数目达到330个。3个新发现的系统抗原是Kanno抗原(编号037)、SID抗原(编号038)、Ct12抗原(编号039)。本文就红细胞血型抗原的最新研究进展,以及血型抗原的相关数据、基因位点、基因注册数据等,做归纳和简要综述。

截至到目前,已发现的红细胞血型抗原共有391个,其中经ISBT确认和命名的抗原共有367个,未经命名定义确认的抗原共有24个。在ISBT确认和命名的367个抗原中,归属到系统的抗原共有330个,归属于集合抗原的有14个,归属于系列抗原的有23个。此外,还没经ISBT分类定义的抗原24个,其中多凝集红细胞抗原10个,与系统抗原相关的抗原14个。

### 1 ISBT 确认和命名的抗原

ISBT在1995年对血型抗原进行了统一命名,并对所有抗原进行分类,目前确认定义命名的红细胞抗原共有367个。根据对抗原的命名和定义,分为3类。

#### 1.1 系统抗原

ISBT规定对血型系统抗原的确认原则包括:

- ①有独立的基因位点:由一个独立的基因座或两个以上紧密连锁的基因座转录、翻译的同一类抗原。
- ②有明确的生物分子结构:抗原翻译编码产物的生物化学结构明确,抗原表位清楚。
- ③有明确的免疫

学反应格局:抗原符合免疫学定义,有对应的人源性抗体。

血型系统的330个抗原;基因名、基因位点、抗原数、基因名见表1、表2。

各系统抗原的基因编号、基因位点、外显子数、在各个基因库注册数据见表3。

各血型系统的膜分化抗原(CD)编号、基因产物、蛋白注册数据及抗原成分见表4。

各系统抗原的分子类型:①糖链抗原(8个),其中属于聚糖类的糖链抗原ABO、Le、H、I、Sd<sup>a</sup>抗原,属于糖苷脂类的糖链有P1Pk、Glob、FORS抗原(表5)。②肽链抗原(31个),其中肽链单次穿膜的抗原有11个(表6),肽链多次穿膜的抗原有13个(表7),肽链连接在膜上糖基磷脂酰肌醇上的抗原共有6个(表8),肽链吸附到膜上唾液酸的抗原共有1个:抗原名Ch/Rg,抗原性质C4A/C4B,氨基酸数1744/1744,相对分子量90KD。

各系统抗原在膜上的表达类型:①糖链类抗原中,连接在膜蛋白上的是聚糖类糖链抗原,连接在膜脂上的是糖苷脂类抗原。②肽链类抗原中,肽链单次穿膜、N端在膜外的是I型跨膜蛋白,肽链单次穿膜、C端在膜外的是II型跨膜蛋白,肽链多次穿膜的是III型跨膜蛋白(不分N端、C端在膜外还是膜内),肽链连接在膜上糖基磷脂酰肌醇上的是IV型跨膜蛋白,肽链连接在膜上唾液酸上的是V型跨膜蛋白(图1)。

#### 1.2 集合抗原

血型集合指的是一些尚未达到血型系统抗原定义三个方面要求的,暂时被放入集合中的一些抗原。这些抗原在今后的研究中如果达到了系统抗原的要求,ISBT会对其重新再分类再命名。

血型集合是以群分类的,即每一个集合都是由

<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> 长春博讯生物技术有限责任公司

<sup>4</sup> 黑龙江省牡丹江市第二人民医院

△ 审校者

通信作者:李树中, E-mail: kssyylsz@sina.com

最少 2 个或以上的抗原组成。目前 ISBT 公布的集合有 5 个,共 14 个抗原。2018 年 8 月 ISBT 删除了原来的集合 209(以及集合 209 中的 2 个抗原),并且重新更正和整理了一些抗原的归属(表 9)。

### 1.3 系列抗原

系列抗原指的是一些既不能划入系统,也不能划入集合的抗原。系列抗原是以个为单位划分编

号的,即每个系列中只有 1 个抗原。系列抗原的分类是按照抗原在人群中分布频率的高低进行分类的。

**1.3.1 高频抗原** 人群中分布频率在 99%以上,命名编号从 901 开始,目前还有 6 个抗原(表 10)。

**1.3.2 低频抗原** 人群中分布频率在 1%以下,命名编号从 700 开始,目前还有 17 个抗原(表 11)。

表 1 血型系统抗原与基因相关数据

编号	系统名	缩写	抗原数	基因名	基因位点
001	ABO	ABO	4	ABO	9q34.2
002	MNS	MNS	49	GYPA/GYPB/ GYPE	4q31.21
003	P1PK	P1PK	3	A4GALT	22q13.2
004	Rh	RH	55	RHD, RHCE	1p36.11
005	Lutheran	LU	27	LU/BCAM	19q13.32
006	Kell	KEL	36	KEL	7q34
007	Lewis	LE	6	FUT3	19p13.3
008	Duffy	FY	5	Fy/DARC	1q23.2
009	Kidd	JK	3	JK/SLC14A1	18q12.3
010	Diego	DI	22	DI/SLC4A1	17q21.31
011	Yt/Cartwrig	YT	5	YT/ACHE	7q22.1
012	Xg	XG	2	XG, MIC2	Xp22.33
013	Scianna	SC	7	SC/ERMAP	1p34.2
014	Dombrock	DO	10	DO/ART4	12p12.3
015	Colton	CO	4	CO/AQP1	7p14.3
016	Landsteiner-Wiener	LW	3	LW/ICAM4	19p13.2
017	Chido/Rodgers	CH/RG	9	C4A/C4B	6p21.33
018	H	H	1	FUT1	19q13.33
019	Kx	XK	1	XK	Xp21.1
020	Gerbich	GE	11	Ge/GYPC/GYPD	2q14.3
021	Cromer	CROM	20	CROM/CD55	1q32.2
022	Knops	KN	10	KN/CR1	1q32.2
023	Indian	IN	6	IN/CD44	11p13
024	Ok	OK	3	OK/BSG	19p13.3
025	Raph	RAPH	1	RAPH/CD151	11p15.5
026	John Milton Hagen	JMH	7	JMH/SEMA7A	15q24.1
027	I	I	1	GCNT2	6p24.2
028	Globoside	GLOB	2	B3GALNT1	3q26.1
029	Gill	GIL	1	GIL/AQP3	9p13.3
030	Rh-associated glycoprotein	RHAG	3	RHAG	6p12.3
031	Forssman	FORS	1	GBGT1	9q34.2
032	Junier	JR	1	ABCG2	4q22.1
033	Langereis	LAN	1	ABCB6	2q35
034	VEL	VEL	1	SMIM1	1p36.32
035	CD59	CD59	1	CD59	11p13
036	Augustine	AUG	4	SLC29A1	6p21.1
037	KANNO	KANNO	1	PRNP	20p13
038	SID	Sda	1	B4GALNT2	17q21.32
039	CTL2	Ctl2	2	SLC44A2	19p13.2

表 2 系统抗原详细列表(330 个)

抗原名	系统编号	抗原名/抗原编号										
ABO	001	001	002	003	004							
		A	B	AB	A1							
MNS	002	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	
		M	N	S	s	U	He	Mi <sup>a</sup>	M <sup>c</sup>	V <sup>w</sup>	Mur	
		011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	
		M <sup>g</sup>	V <sub>r</sub>	M <sup>e</sup>	Mt <sup>a</sup>	St <sup>a</sup>	Ri <sup>a</sup>	Cl <sup>a</sup>	Ny <sup>a</sup>	Hut	Hil	
		021	022	023	024	025	026	027	028	029	030	
		M <sup>v</sup>	Far	S <sup>D</sup>	Mit	Dantu	Hop	Nob	En <sup>a</sup>	ENKT	N'	
		031	032	033	034	035	036	037	038	039	040	
		Or	DANE	TSEN	MINY	MUT	SAT	ER1K	OS <sup>a</sup>	ENEP	ENEH	
		041	042	043	044	045	046	047	048	049		
		HAG	ENAV	MARS	ENDA	ENEV	MNID	SARA	Kipp	JENU		
PIPK	003	001	002		004							
		P1	PK		NOR							
Rh	004	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	
		D	C	E	c	e	f(ce)	Ce	C <sup>w</sup>	C <sup>x</sup>	V	
		011	012						017	018	019	020
		E <sup>w</sup>	G						HRo	Hr	Hr <sup>s</sup>	VS
		021	022	023			026	027	028	029	030	
		C <sup>G</sup>	CE	D <sup>w</sup>			C-like	cE	hr <sup>H</sup>	总 RH	GO <sup>a</sup>	
		031	032	033	034	035	036	037		039	040	
		Hr <sup>B</sup>	RH32	RoHar	Hr <sup>B</sup>	1114	Be <sup>a</sup>	Ewans		C-like	Tar	
		041	042	043	044	045	046	047	048	049	050	
		Ce-Like	Ce <sup>S</sup>	Cayw	NOU	RIV	Sec	DAV	JAL	STEM	FPTT	
		ford										
	051	052	053	054	055	056	057	058	059	060		
	MAR	BARC	JAHK	DAK	LOCR	CENR	CEST	CELO	CEAG	PAGR		
	061	062										
	CEVF	CEWA										
LU	005	001	002	003	004	005	006	007	008	009		
		LU <sup>a</sup>	LU <sup>b</sup>	LU3	LU4	LU5	LU6	LU7	LU8	LU9		
		011	012	013	014		016	017	018	019	020	
		LU11	LU12	LU13	LU14		LU16	LU17	AU <sup>a</sup>	AU <sup>b</sup>	LU20	
		021	022	023	024	025	026	027	028	029		
LU21	LURC	LUIT	LUGA	LUAG	LUBI	LUYA	LUNU	LURA				
Kell	006	001	002	003	004	005	006	007		010		
		K	K	KP <sup>a</sup>	KP <sup>b</sup>	KU	JS <sup>a</sup>	JS <sup>b</sup>		UL <sup>a</sup>		
		011	012	013	014		016	017	018	019	020	
		K11	K12	K13	K14		K16	K17	K18	K19	Km	
		021	022	023	024	025	026	027	028	029	030	
		KP <sup>c</sup>	K22	K23	K24	VLAN	TOU	RAZ	VONG	KALT	KTIM	
031	032	033	034	035	036	037	038	039				
KYO	KUCI	KANT	KASH	KELP	KETI	KHUL	KYOR	KEAL				
Le	007	001	002	003	004	005	006					
		Le <sup>a</sup>	Le <sup>b</sup>	Le <sup>ab</sup>	Le <sup>bH</sup>	ALe <sup>b</sup>	BLE <sup>b</sup>					
Fy	008	001	002	003		005	006					
		Fy <sup>a</sup>	Fy <sup>b</sup>	Fy3		Fy5	Fy6					
JK	009	001	002	003								
		JK <sup>a</sup>	JK <sup>b</sup>	JK3								



续表2

抗原名	系统编号	抗原名/抗原编号			
GIL	029	001			
		GIL1			
RHAG	030	001	002	003	
		DucLos	OI <sup>a</sup>	DSKL	
FORS	031	001			
		FORS			
JR	032	001			
		JR <sup>a</sup>			
LAN	033	001			
		Lan1			
VEL	034	001			
		VEL1			
CD59	035	001			
		CD591			
AUG	036	001	002	003	004
		AUG1	At <sup>a</sup>	ATML	ATAM
KANNO	037	001			
		KANNO1			
SID	038	001			
		Sda			
CTL2	039	001	002		
		CTL2.1	Rif		

注:系统抗原一般都是系列、集合抗原升格而来,或者新发现的抗原划入,很少有系统抗原被删除,但 ISBT 在 2018 年将原来 RHAG 血型系统(028)中的 RHAG4 抗原删除,并且没有说明原因,这个抗原已经不在 ISBT 定义的抗原中。

表 3 血型系统的基因注册数据

抗原名	基因名	基因位点	HGNC 登记号	基因编号	外显子	DNA 基因组登记号	mRNA 转录体登记号
ABO	<i>ABO</i>	9q34.2	79	28	7	NG_006669.1	NM_020469.2
MNS	<i>GYP A</i>	4q31.21	4702	2993	7	NG_007470.3	NM_002099.7
	<i>GYP B</i>	4q31.21	4703	2994	5	NG_007483.2	NM_002100.5
	<i>GYP E</i>	4q31.21	4705	2996	4	NG_009173.1	NM_198682.3
PIPK	<i>A4GALT</i>	22q13.2	18149	53947	3	NG_007495.2	NM_017436.4
RH	<i>RHCE</i>	1p36.11	25572	55219	10	NG_009208.3	NM_020485.4
	<i>RHD</i>	1p36.11	25234	57035	10	NG_007494.1	NM_016124.4
Lu	<i>Lu</i>	19q13.22	6722	4059	15	NG_007480.1	NM_005581.4
	<i>BCAM</i>				13		NM_001013257.2
KEL	<i>KEL</i>	7q34	6308	3792	19	NG_007492.1	NM_000420.2
Le	<i>FUT3</i>	19p13.3	4014	2525	3	NG_007482.1	NM_000149.3
	<i>FUT6</i>	19p13.3	4017	2528	3	NG_007505.1	NM_000150.2
	<i>FUT7</i>	19p14.3	4018	2529	2	NG_007527.1	NM_004479.3
Fy	<i>DARC/ACKR1</i>	1q22	17601	57863	2	NG_011626.1	NM_002036.3 NM_001122951
JK	<i>JK/SLC14A1</i>	18q12.3	10918	6563	10	NG_011775.3	NM_015865.4
DI	<i>DI/SLC4A1</i>	17q21.31	11027	6521	2	NG_007498.1	NM_000342.3
YT	<i>YT/ACHE</i>	7q22.1	108	43	5	NG_007474.1	NM_000665.4
XG	<i>XG</i>	Xp22.33	12806	7499	10	NG_011627.1	NM_175569.2
	<i>CD99</i>	Xp22.32	7082	4267	10	NG_009174.1	NM_002414.4

续表3

抗原名	基因名	基因位点	HGNC 登记号	基因编号	外显子	DNA 基因组登记号	mRNA 转录体登记号
SC	<i>SC/ERMAP</i>	1p34.2	29204	374969	12	NG_008749.1	NM_001017922.1
DO	<i>DO/ART4</i>	12p12.3	726	420	3	NG_007477.2	NM_021071.2
CO	<i>Cd/AQP1</i>	7p14.3	41995	100526825	4	NG_007475.2	NM_198098.2
Lw	<i>LW/ICAM4</i>	19p13.2	5347	3386	3	NG_007728.1	NM_001544.4
CH/	<i>RG/C4A</i>	6p21.33	11398	8859	41	NG_011638.1	NM_007293.2
RG	<i>CH/C4B</i>	6p21.33	1324	721	41	NG_011639.1	NM_001002029.3
H	<i>FUT1</i>	19q13.33	3678	26291	4	NG_007510.1	NM_000148.3
	<i>FUT2</i>	19q13.33	4013	2524	2	NG_007511.1	NM_000511.5
KX	<i>XK</i>	Xp21.1	12811	7504	3	NG_007473.1	NM_021083.4
GE	<i>GYPC/GYPD</i>	2q14.3	4704	2995	4	NG_007479.1	NM_002101.4
CROM	<i>CROM/CD55</i>	1q32.2	2665	1604	10	NG_007465.1	NM_000574.4
KN	<i>KN/CR1</i>	1q32.2	2334	1378	39	NG_007481.1	NM_000573.3
IN	<i>IN/CD44</i>	11p13	1681	680	17	NG_008937.1	NM_000610.3
OK	<i>OK/BSG</i>	19p13.3	1116	682	9	NG_007468.1	NM_001728.3
RAPH	<i>RAPH/CD151</i>	11p15.5	28703	283229	9	NG_007478.1	NM_004357.4
JMH	<i>JMH/SEMA7A</i>	15q23	10741	10042256	14	NG_011733.1	NM_003612.3
I	<i>GCNT2</i>	6p24.2	35524	100422564	5	NG_007469.3	NM_145649.4 NM_001491.2 NM_145655.3
GLOB	<i>B3GALNT1</i>	3q26.1	918	8706	5	NG_007854.1	NM_003772.1
GIL	<i>GIL/AQP3</i>	9p13.3	636	360	6	NG_007476.1	NM_004925.4
RHAG	<i>RHAG</i>	6p12.3	10006	6005	10	NG_011704.1	NM_000324.2
FORS	<i>GBGT1</i>	9q34.2	20460	26301	7	NG_033868.1	NM_021996.5
JR	<i>JR/ABCG2</i>	4q22.1	84261	106481590	16	NG_032067.2	NM_004827.2
LAN	<i>LAN/ABCB6</i>	2q35	22408	79065	19	NG_032110.1	NM_005689.2
VEL	<i>SMIM1</i>	1p36.32	26546	148870	4	NG_033869.1	NM_001163724.2
CD59	<i>CD59</i>	11p13	13852	26273	6	NG_008057.1	NM_203330.2
AUG	<i>SLC29A1</i>	6p21.1	52391	101929726	13	NG_042893.1	NM_001304466.1
KAN- NO	<i>PRNP</i>	20p13	9449	5621	2	NG_009087.1	NM_000311.4
SID	<i>B4GALNT2</i>	17q21.32	24136	124872	11		NM_153446.3
CTL2	<i>SLC44A2</i>	19p13.2	17292	57153	22		NM_020428

表 4 系统抗原的分子性质

系统	CD 编号	基因产物	氨基酸数	蛋白质登记号	抗原成分
ABO		$\alpha$ 1,3-N 乙酰半乳糖基转移酶(A 酶)	354	NP_0065202.2	聚糖
		$\alpha$ 1,3-半乳糖基转移酶(B 酶)			
MNS	CD235	血型糖蛋白 A	150	NP_002090.4	血型糖蛋白
		血型糖蛋白 B	91	NP_002091.3	血型糖蛋白
		血型糖蛋白 E	78	NP_941391.2	血型糖蛋白
P1PK	CD77	$\alpha$ 1,4-半乳糖基转移酶	353	NP_059132.1	糖苷脂
RH	CD240CE	RhCE 蛋白	417	NP_060672.2	棕榈酸化
	CD240D	RhD 蛋白	417	NP_057208.2	蛋白
LU	CD239	LU 糖蛋白	628	NP_005572.2	糖蛋白
		基底细胞粘附分子 B 糖蛋白		NP_001013275.1	

续表 4

系统	CD 编号	基因产物	氨基酸数	蛋白质登记号	抗原成分
KEL	CD238	Kell 血型糖蛋白	732	NP_000411.1	糖蛋白
LE	CD174	$\alpha$ 3,4-岩藻糖转移酶-3(FUT3)	361	NP_000140.1	聚糖
		$\alpha$ 1,3-岩藻糖转移酶-6(FUT6)	359	NP_000141.1	
		$\alpha$ 1,3-岩藻糖转移酶-7(FUT7)	342	NP_004470.1	
FY	CD234	G 蛋白欧联受体/趋化因子受体(DARG)	336	NP_002027.2	糖蛋白
			338	NP_001116423.1	糖蛋白
JK		尿素转运蛋白	389	NP_056949.4	糖蛋白
DI	CD233	溶质载体 4 阴离子交换器(SLC4A1)	911	NP_000333.1	糖蛋白
YT		乙酰胆碱酯酶	617	NP_000656.1	糖蛋白
XG		Xg 糖蛋白	180	NP_780778.1	糖蛋白
		CD99	185	NP_0002405.1	糖蛋白
SC		膜结合蛋白(ERMAP)	475	NP_001017922.1	糖蛋白
DO	CD297	腺苷核糖基转移酶-4(ART-4)	314	NP_066549.2	糖蛋白
CO		水通道蛋白 1(AQP1)	269	NP_9232766.1	糖蛋白
LW	CD242	细胞间粘附分子 4(ICAM4)	271	NP_001535.1	糖蛋白
CH/RG		补体组分 C4A	1744	NP_009224.2	糖蛋白
		补体组分 C4B	1744	NP_001002029.3	糖蛋白
H	CD173	$\alpha$ 1,2 岩藻糖基转移酶	365	NP_000139.1	聚糖
		半乳糖苷 2- $\alpha$ -L-岩藻糖基转移酶 2	343	NP_000502.4	
XK		磷酸化棕榈酸蛋白	444	NP_066569.1	棕榈酸蛋白
GE	CD236	血型糖蛋白 C(GPC)	128	NP_002092.1	血型糖蛋白
		血型糖蛋白 D(GPD)	107		血型糖蛋白
CROM	CD55	衰变加速因子(DAF)	381	NP_000565.1	糖蛋白
KN	CD35	补体受体 1(CR1)	2093	NP_000564.2	糖蛋白
IN	CD44	CD44	361	NP_000601.3	糖蛋白
OK	CD147	细胞外基质金属蛋白酶诱导因子 CD147	269	NP_001719.2	糖蛋白
RAPH	CD151	超级免疫球蛋白	253	NP_004348.2	糖蛋白
JMH	CD108	免疫排斥因子	666	NP_003603.1	糖蛋白
I		$\beta$ 1,6-N-乙酰葡萄糖基转移酶 2A	402	NP_663624.1	聚糖
		$\beta$ 1,6-N-乙酰葡萄糖基转移酶 2B	400	NP_001482.1	
		$\beta$ 1,6-N-乙酰葡萄糖基转移酶 2C	402	NP_663630.1	
GLOB		$\beta$ 1,3-N-乙酰半乳糖基转移酶	331	NP_003772.1	糖苷脂
GIL		水通道蛋白 3(AQP3)	292	NP_004916.1	糖蛋白
RHAG	CD241	CD241/胺转运蛋白	409	NP_000315.2	糖蛋白
FORS		$\alpha$ 1,3-N-乙酰半乳糖基转移酶 1	347	NP_068836.2	糖苷脂
JR		ABCC2/乳腺癌耐药蛋白	655	NP_004818.2	糖蛋白
LAN		ABCB6/亚铁血红素转运蛋白	842	NP_005680.1	糖蛋白
VEL		小分子膜整合蛋白 1	78	NP_001157196.1	糖蛋白
CD59	CD59	CD59/膜溶解抑制因子	128	NP_976075.1	糖蛋白
AUG		核苷转运蛋白 1	498	NP_001291395.1	糖蛋白
KANNO	CD230	朊蛋白	253	NP_000302.1	糖蛋白
SID		$\beta$ -1,4-N-乙酰氨基半乳糖基转移酶 2	566	NP_703147.2	聚糖
CTL2	CD99	溶质载体 44 家族/胆碱转运蛋白	704	NP_065161	糖蛋白

表 5 糖链抗原的基因产物

抗原	基因产物	肽链氨基酸	抗原表位
ABO	3-N-乙酰半乳糖胺转移酶(A 酶)	354	乙酰半乳糖(A)
	3-N-半乳糖胺转移酶(B 酶)	354	半乳糖(B)

续表5

抗原	基因产物	肽链氨基酸	抗原表位
PIPK	4- $\alpha$ -半乳糖转移酶	353	半乳糖
Le	$\alpha$ -1-4-L-岩藻糖转移酶	361	岩藻糖
H	2- $\alpha$ -L-岩藻糖转移酶	365	岩藻糖
I	N-乙酰葡萄糖胺转移酶	402	N-乙酰葡萄糖
GLOB	$\beta$ 1,3-N 乙酰半乳糖胺转移酶	331	N-乙酰葡萄糖
FORS	3,- $\alpha$ -N 乙酰半乳糖胺转移酶	347	N-乙酰葡萄糖
Sd <sup>a</sup>	$\beta$ -1,4-N-乙酰氨基半乳糖基转移酶 2	566	乙酰半乳糖

表 6 单次穿膜的抗原

抗原名	抗原性质	氨基酸数	N 端	相对分子量/KD	膜上抗原数
MNS	CD235a/b/e	150/91/78	膜外	43/20/17	10.0 万/1.7 万/1.0 万
GE	CD236C/D	128/107	膜外	32/23	14.3 万/5.0 万
KEL	CD238	732	膜内	93	3500~1.8 万
Lu	CD239	628	膜外	8.5	1500~4000
XG	Xg/CD99	180/185	膜外	32/32	9000/20 000
Lw	CD242	271	膜外	43	D+ 4400/D- 2800
IN	CD44	361	膜外	80	2000~5000
KN	补体 I 型受体	2093	膜外	190	20~15 000
OK	CD147	269	膜外	3.5~5.9	3000
SC	IgSF	475	膜外	68	
VEL	铁转运蛋白	78	膜内	18	

表 7 多次穿膜的抗原

抗原名	抗原性质	氨基酸数	穿膜次数	分子量/KD	膜上抗原数	N 端
RH	RHD/RHCE 多肽	417/417	12/12	30~32	10~20 万	膜内
RHAG	RHAG 糖蛋白	409	12	45~100	10~20 万	膜内
Fy	Fy 糖蛋白	336	7	35	6000~1.3 万	膜外
DI	DI 糖蛋白	911	14	95	100 万	膜内
CO	水通道蛋白 1	269	6	28	12~16 万	膜内
JK	尿素转运蛋白	389	10	43	1.4 万	膜内
KX	磷酸棕榈酸蛋白	444	10	3.7	1000 万	膜内
RAPH	CD151	253	4	28		膜内
GIL	水通道蛋白 3	392	6	46		膜内
JR	ABC 转运蛋白 G2	655	6	72		膜内
LAN	ABC 转运蛋白 B6	842	11	80		膜内
AUG	核苷转运蛋白	498	11	50		膜内
CTL2	溶质载体转运蛋白	706	10	70		膜内

表 8 连接在膜上糖基磷脂酰肌醇(GPI)上的抗原

抗原名	抗原性质	氨基酸数	相对分子量/KD	膜上抗原数
YT	乙酰胆碱脂酶	617	160	1 万
CROM	衰变加速因子	381	60~70	2 万
DO	DO 糖蛋白	314	47~58	
JMH	CD108	666	76	
CD59	CD59	128	18~20	
KANNO	CD230	253	33~37	

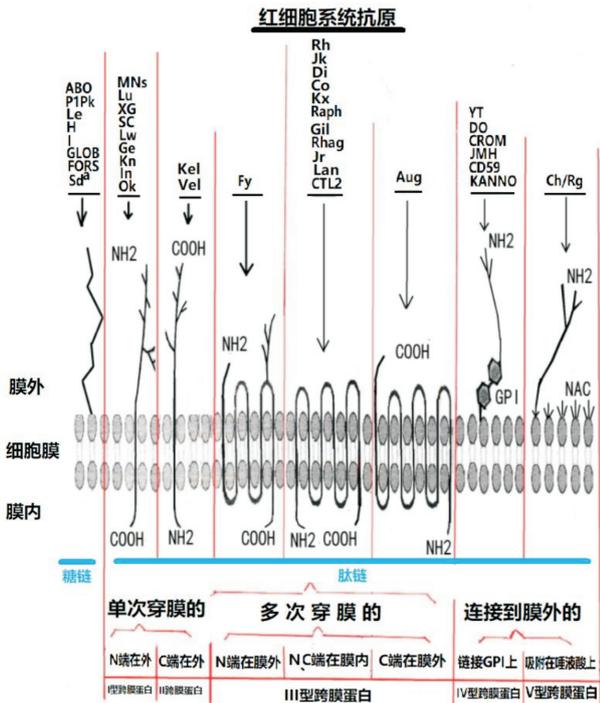


图 1 系统抗原类型

表 9 集合抗原

抗原名	缩写	集合编号	抗原编号/抗原名		
Cost	Cs	205	001	002	
			CS <sup>a</sup>	CS <sup>b</sup>	
i	i	207		002	
				i	
ER	Er	208	001	002	003
			ER <sup>a</sup>	ER <sup>b</sup>	ER3
Unnamed	Unm	210	001	002	
			Le <sup>c</sup>	Le <sup>d</sup>	
MN CHO	Mn-cho	213	001	002	003
			Hu	M1	Tm
			004	005	006
			can	Sext	Sj

注:在集合 207 中目前只剩下一个 i 抗原,原来这个集合中有 2 个抗原,即 I 抗原(207001)和 i 抗原(207002),其中 I 抗原已经是 I 血型系统抗原(027001),按照 ISBT 对集合的定义,很可能今后会把集合 207 中的 i 抗原放入系列抗原中。

表 10 高频抗原

抗原编号	抗原名	缩写
901008		Emm
901009	Anton	Anwj
901014		PEL
901015		ABT1
901016		MAM
901017		LKE

表 11 低频抗原

抗原编号	抗原名	缩写
700002	Batty	By
700003	Christiansen	Chra
700005	Biles	Bi
700006	Box	Bxa
700017	Torkidsen	Toa
700018	Peters	Pta
700019	Reid	Rea
700021	Jersen	Jea
700028	Liversay	Lia
700039	Milne	
700040	Rasmussen	RASM
700044		JFV
700045	Katagiri	Kg
700047	Jones	JONES
700049		HJK
700050		HOFM
700054		REIL

注:原来的高频抗原 Sd<sup>a</sup> 抗原(901012),现在已经是 038 系统抗原(Sd<sup>a</sup> 抗原,038001),所以在系列的高频抗原中删除了该抗原。

## 2 尚未得到 ISBT 确认定义的抗原

这是一类没有 ISBT 分类定义的抗原,总共有 24 个。虽然没有 ISBT 的定义命名,但是这些抗原已经被确认属于红细胞血型抗原,只是还没有分类定义。

### 2.1 多凝集红细胞抗原

目前,多凝集红细胞抗原还有 10 个(表 12)。

表 12 多凝集红细胞抗原

获得性	微生物多凝集	T	Tk	Th	Tx	VA
	非微生物多凝	Tn	Th	Tr		
遗传性	HEMPAS		NOR	Hyde		

注:其中 Th 有微生物引起的,也有非微生物引起的。删除了原来的获得性 B(因为不符合多凝集抗原定义),放入了 ABO 血型系统<sup>[1-3]</sup>。

### 2.2 与系统抗原相关的抗原

这是一组与系统抗原有关的一些抗原,目前 14 个,都没有得到 ISBT 的分类归属定义,如下:①与 Lewis 血型系统有关的抗原共有 7 个:Le<sup>x</sup> 抗原、Le<sup>y</sup> 抗原、Le<sup>bl</sup> 抗原、Le<sup>bH</sup> 抗原、Sialy-Le<sup>x</sup> 抗原、ALe<sup>y</sup> 抗原、BLe<sup>y</sup> 抗原。这些抗原目前也没有得到 ISBT 分类定义。②与 Duffy 血型系统有关的抗原共有 2 个:Fy<sup>4</sup> 抗原、Fy<sup>x</sup> 抗原。③与 H 血型系统有关的抗原共有 4 个:IH 抗原、IA 抗原、IB 抗原、IAB 抗原。④与 RHAG 血型系统有关的 1 个抗原:RHAG4 抗原。原来属于 RHAG 血型系统

(030),但 2018 年被 ISBT 删除了,没有说明删除的原因<sup>[1-4,6]</sup>。

### 3 结束语

本文就 ISBT 关于血型抗原的最新标准数据,做了简要的整理和列表叙述,并查证归纳了权威网站对系统抗原的相关数据,也做了列表叙述,并且对 39 个血型系统抗原的膜上链接类型做了模式图。截止到目前为止,红细胞血型抗原有 391 个,经过 ISBT 确认的抗原由 367 个,未经 ISBT 确认的有 24 个。

自 2010 年之后,红细胞血型抗原的研究有了很大的进展,编号 031~036 的系统抗原是 2010—2016 年发现的,编号 037~039 的系统抗原是 2019 年 10 月才确认的新抗原。在近年来的研究中,红细胞血型抗原在基因、分子生物学、免疫血型学方面有了很多的研究成果,尤其在红细胞血型抗原与肿瘤的发生,血型抗原与药物治疗等方面有了很多新的认知,许多血型抗原的研究课题都与细胞尖端领域的研究方向越来越接近或重叠<sup>[4-9]</sup>。

### 参考文献

[1] Storry JR, Clausen FB, Castilho L, et al. International Society of Blood Transfusion Working Party on Red Cell Immunogenetics and Blood Group Terminology:

Report of the Dubai, Copenhagen and Toronto meetings[J]. Vox Sang, 2019, 114(1):95-102.

- [2] McGuire BE, Hettle A, Vickers C, et al. The structure of a family 110 glycoside hydrolase provides insight into the hydrolysis of  $\alpha$ -(1,3)-galactosidic linkages in  $\lambda$ -carrageenan and blood group antigens[J]. J Biol Chem, 2020.
- [3] Romero-Miguel D, Lamanna-Rama N, Casquero-Veiga M, et al. Minocycline in neurodegenerative and psychiatric diseases: an update[J]. Eur J Neurol, 2020 Nov 12. doi: 10.1111/ene.14642. Epub ahead of print.
- [4] 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.
- [5] 徐姿, 李树中, 李中华, 等. Junier 抗原的最新研究进展[J]. 临床血液学杂志, 2019, 32(4):322-326.
- [6] 王鹤, 李树中, 李中华, 等. RHAG 血型抗原研究进展[J]. 临床血液学杂志, 2019, 32(6):479-482.
- [7] 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.
- [8] 张娇, 李树中, 李中华, 等. Sda 血型抗原研究进展[J]. 临床血液学杂志, 2019, 32(8):648-650.
- [9] 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.

(收稿日期:2019-11-09)