

文章编号 :0427-7104(2003)04-0614-07

上海先天智障儿童肤纹分析

丁 琴^{1,2}, 李 辉¹, 徐立群³, 李 清², 金建中¹,
卢大儒¹, 金 力¹, 夏钟苗²

(1. 复旦大学 生命科学学院 现代人类学研究中心, 上海 200433; 2. 上海市陆家嘴聋哑辅读学校,
上海 200122; 3. 复旦大学 管理学院 统计与运筹学系, 上海 200433)

摘 要: 在上海浦东选取 63 例先天智障, 101 例正常偏低智商儿童, 分析各项指掌纹参数和环指基纹的左右对称性, 分析各项肤纹参数与智商的相关性, 尝试总结各种肤纹参数与先天智障的相关性, 分析肤纹的均衡性和对称性与智商的关系, 在上海人群中验证文献总结的智商与肤纹的相关规律. 发现先天智障儿的十指嵴纹数明显趋于均衡, 双手略趋对称. 拇指环指嵴纹数和指端嵴纹总数, 左手指间三区嵴纹数均与智商极显著正相关, *atd* 角, 左手环指基纹偏度与智商极显著负相关. 人类的智慧可能是与均衡性及对称性的破缺引起的人体局部特异性变化有关, 先天智障可能是这种均衡破缺机制失效引起的, 同时反映于肤纹和智力.

关键词: 先天智障; 肤纹; 相关性; 上海; 均衡性破缺; 左右不对称; 智商

中图分类号: Q 983; Q 987 **文献标识码:** A

人类的肤纹经证明是一种遗传率较大的性状^[1,2], 并且与许多遗传性疾病有关系^[3]. 智力既有先天的遗传因素, 也有后天的社会因素. 对于一般正常人的智商 (IQ) 差异, 可能社会因素占比重比较大; 而对于先天弱智、正常智商和智力超常之间的差异, 无疑遗传因素会有极大的作用. 智力异常作为一种较多地受遗传影响的性状^[4], 也可能与肤纹有相关性. 由于智力不言而喻的重要性和肤纹的易观察性, 许多学者分析了各种肤纹参数与智商的相关性, 其间有一致性, 也有不一致之处. 现将部分结果总结于表 1 中.

表 1 部分文献列出的各项肤纹参数与智商的相关关系

Tab. 1 Correlations between IQ and dermatoglyphic parameters concluded from several literatures

人群	智商层次	L ^u	W ^c	W ^s	D	<i>αbRC</i>	<i>atd</i>	<i>TFRC</i>	指纹白线	文献
美国各地	低						-	+		[5]
抚州	高	+	-		+		-		+	[6]
苏州	低						-			[7]
广州	低						-			[8]
洛阳	低							+		[9]
天津	高					+	-	+		[10]
承德	中		-	+	+					[11]

注: 表中“+”表示与智商正相关,“-”表示与智商负相关, L^u 尺箕指纹, W^c 圈斗指纹, W^s 螺斗指纹, D 双箕斗指纹, *αbRC* 指间区嵴纹数, *atd* 掌轴三角, *TFRC* 十指总嵴纹数.

从表 1 可见肤纹参数与智商有相关性是比较肯定的. 但是迄今为止的研究只是停留在观察肤纹与智力的相关性, 一直未得出普遍性的经验规律和理论假说. 本项研究一方面在上海人群中验证各项参数与智商的相关性, 另一方面从人体均衡性对称性的角度探讨肤纹与智力的相关机理, 初步提出有关假说.

* 收稿日期: 2003-01-02

作者简介: 丁 琴 (1971—), 女, 上海市陆家嘴聋哑辅读学校高级教师.

1 材料和方法

1.1 研究对象

上海市陆家嘴聋哑辅读学校的先天智障儿童 63 例,浦东新区有关学校的正常偏低智商儿童 101 例作为对照。为了避免得出太多的假阳性的相关关系,对照组的智商未取中等和偏上,而是与智障儿童相差最近的偏低智商儿童。经韦氏儿童智力量表(WISC)测验,先天智障儿童智商在 8~50,对照组智商在 60~80。受测者大部分来自浦东新区,年龄在 7~16 岁。

1.2 肤纹的捺印和分析

用油墨法捺印受测者的指掌肤纹于普通白纸上,用肤纹放大镜观察。计数指纹类型(分为弓纹 A,桡箕 L^r,尺箕 L^u,囊箕 P,斗纹 W,双箕斗 D),指纹嵴数 FRC(十指总嵴数 TFRC),掌轴三叉参数(轴三叉掌面纵向百分距 tPD,轴三角 atd)。本项研究中观察到的 P 型指纹都为尺侧纹。指纹的花纹强度分析时计 A=1,L^r和 L^u=3,P=4,W=5,D=6。

1.3 数理统计分析方法

用美国 SPSS 公司开发的通用数理统计软件 SPSS10.0 分析各项参数在智障和正常儿童中的均值,分析各项参数与智商的相关性。

1.4 均衡性和左右对称性的检验方法

对十指分别计数指纹嵴数,计算每一个体十指嵴数的方差 V^F ,以此作为个体十指均衡性的简略指标。对个体左右手的环指基纹(即指间 区和 区花纹的组合形态^[1])的对称度进行分析。文中 b, d 为中指和小指基部三叉点, f 为该区域真实花纹中心点, bf, df, bd 为其间直线距离,如 f 不止一个则取平均值。环指基纹偏度(Degree of deviation) $Dv = df/db$ 。 $bfRC, dfRC$ 为其间嵴纹数,环指基纹强度(Degree of Intensity) $Di = dfRC/50$ 。环指基纹深度(Degree of depth) $Dp = (180^\circ - bfd)/90^\circ$ 。个体左右手环指基纹偏度、强度和深度的对称性综合评价指标计为对称度(Degree of zygomorphism) $Z = 1 - (Dv_R - Dv_L)_{abs} - (Di_R - Di_L)_{abs} - (Dp_R - Dp_L)_{abs}$,其中 abs 为绝对值运算符。比较智障和正常儿童 V^F 和 Z 均值的差异显著性和数值范围偏差。

由于本研究中重点分析的指纹嵴数和环指基纹经统计在男女间无显著差异,本文中不再区别男女。

2 结 果

2.1 先天智障与正常儿童各项肤纹参数和指标的比较

为了得到智障与正常儿童肤纹差异的直观印象,先把两类儿童的各项参数列表比较。表 2 是各种指纹类型总体出现频率的比较。

表 2 先天智障与对照儿童的指纹类型出现频率比较

Tab. 2 Comparison of percentages of finger print types between constitutional weak wisdom children and contrast children

	%					
对象	W	D	A	L ^r	L ^u	P
智障	52.70	0.79	2.70	0	42.86	0.95
对照	50.89	0	3.76	0.30	45.05	0

经 χ^2 测验,W,A,L^u都没有显著差异。D,L^r,P 在两类儿童间出现规律不同,但是由于频率较低,较难说明问题。

各指和全手十指的指纹嵴数和均衡性比较见表 3。

表 3 先天智障与对照儿童的指纹嵴数均值比较

Tab. 3 Comparison of mean value of finger ridge count between constitutional weak wisdom children and contrast children

对象	5 _L	4 _L	3 _L	2 _L	1 _L	1 _R	2 _R	3 _R	4 _R	5 _R	V^f (方差)	方差值域	TFRC
智障	11	10	11	11	10	11	10	10	11	11	13.42	0.68~31.78	106.5
对照	12	13	12	11	15	15	11	12	14	13	17.53	1.82~65.78	128.5

注:1~5 是拇指到小指,下标 L 为左手,R 为右手,下同。

经 t 测验 TFRC 在两类儿童间差异极显著。智障儿十指均衡性从各指嵴数均值看强于正常儿童。经方差分析发现,方差的平均值在两类儿童间差异极显著,证实智障儿指纹均衡性较强。但是两类儿童的方差范围有较大的重叠区,所以不具有个体分析意义。

两类儿童的掌轴三叉参数比较见表 4。

表 4 先天智障与对照儿童的掌轴三叉参数比较

Tab. 4 Comparison of axial triad parameters between constitutional weak wisdom children and contrast children

对象	tP_L /mm	PD_L /mm	tPD_L	tP_R /mm	PD_R /mm	tPD_R	tPD	atd_R (°)	atd_L (°)	atd (°)
智障	22	99	22.72	22	98	22.19	22.46	46.0	46.1	46.0
对照	22	109	19.60	25	110	23.21	21.40	42.0	42.6	42.3

表 4 中 PD 间距、左手 tPD 值和 atd 在两类儿童间差异显著,与文献结论一致。

两类儿童的环指基纹各项参数和左右对称性的比较见表 5。

表 5 先天智障与对照儿童的环指基纹参数比较

Tab. 5 Comparison of ring finger basal pattern parameters between constitutional weak wisdom children and contrast children

对象	df /mm		bf /mm		bd /mm		D_v		bfd (°)		D_p		$dfRC$		$bfRC$		Di		Z	Z 值域
	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左		
智障	15	16	22	21	33	34	0.44	0.46	143	143	0.41	0.41	17.2	17.1	30.4	26.4	0.34	0.34	0.58	-0.08~0.92
对照	14	12	24	25	35	36	0.40	0.35	150	165	0.33	0.32	17.9	14.8	34.0	36.1	0.36	0.30	0.44	-0.34~0.96

表 5 中 Di , D_p 和左手 D_v 在两类儿童间差异显著。对照儿童左右手 D_v , Di 差异显著。两类儿童的 Z 值差异显著,但 Z 值值域重叠很大。证实群体意义上智障儿左右对称性偏高。

2.2 智商与各项肤纹参数的相关性分析

为了分析各手指纹型与智商的关系,在表 6 中分析了其间相关性。

表 6 智商与指纹类型的相关分析

Tab. 6 Correlation analysis between intelligence quotient and finger print types

纹型	D		W		P		L^r		L^u		A	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
全手	-0.228	** 0.003	-0.009	0.906	-0.325	** 0.000	0.071	0.365	0.007	0.928	0.077	0.327
5			-0.097	0.215	-0.183	* 0.019	0.073	0.350	0.092	0.239	0.073	0.350
4			0.071	0.367					-0.077	0.326	0.014	0.854
右手			-0.034	0.662	-0.183	* 0.019			0.081	0.302	-0.059	0.453
2			-0.109	0.164					0.097	0.215	0.027	0.735
1	-0.183	* 0.019	0.105	0.181	-0.300	** 0.000	0.052	0.510	-0.003	0.973	-0.050	0.529

续 表

纹型	D		W		P		L ^r		L ^u		A	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
1	- 0.089	0.256	0.094	0.230					- 0.095	0.227	0.045	0.565
2			- 0.111	0.156					0.028	0.722	0.167	0.032
左手			0.025	0.753	- 0.300	** 0.000			0.021	0.794	0.055	0.485
4	- 0.089	0.256	0.127	0.105					- 0.099	0.208	- 0.066	0.398
5	- 0.226	** 0.004	- 0.128	0.103					0.152	0.052	0.078	0.318

注: r 为相关系数, P 为显著性测试值, * 为显著差异, ** 为极显著差异, 下同.

表 6 中显示左手小指的双箕斗与智商极显著负相关. 正常人的双箕斗一般出现在拇指上^[12]. 各指花纹强度和嵴数与智商相关性见表 7.

表 7 智商与指纹参数的相关分析

Tab. 7 Correlation analysis between intelligence quotient and finger print parameters

类别	参数	5 _L	4 _L	3 _L	2 _L	1 _L	1 _R	2 _R	3 _R	4 _R	5 _R	TFRC
花纹强度	r	- 0.149	- 0.214 **	0.065	0.110	- 0.078	- 0.146	- 0.104	- 0.174 *	- 0.054	0.030	
	P	0.056	0.006	0.406	0.161	0.322	0.063	0.187	0.026	0.488	0.703	
指纹嵴数	r	0.110	0.001	0.238 **	0.243 **	0.190 *	0.090	0.130	- 0.003	0.302 **	0.323 **	0.233 **
	P	0.160	0.988	0.002	0.002	0.015	0.251	0.097	0.967	0.000	0.000	0.003

与表 6 相对应,左手小指花纹强度与智商极显著负相关. 更重要的是 TFRC 与文献报道一致,与智商极显著正相关. 在各指的嵴数分析中,只有拇指和环指与智商极显著正相关. 表明是拇指和环指的嵴数增加使 TFRC 增大,与其他手指基本无关.

表 8 中列出了智商与掌轴三叉参数的相关性.

表 8 智商与掌轴三叉参数的相关分析

Tab. 8 Correlation analysis between intelligence quotient and palm axis critical point parameters

参数	tP _L	PD _L	tPD _L	tP _R	PD _R	tPD _R	tPD	atd _R	atd _L	atd
r	0.041	0.559 **	- 0.141	0.080	0.599 **	0.028	- 0.011	- 0.282 **	- 0.229 **	- 0.272 **
P	0.605	0.000	0.072	0.311	0.000	0.720	0.892	0.000	0.003	0.000

智商与 atd 极显著负相关,与文献报道一致. PD 值与智商正相关,即智障儿的掌面偏短,可能与其发育迟缓有关.

表 9 中列出了智商与环指基纹参数的相关性.

表 9 智商与环指基纹参数的相关分析

Tab. 9 Correlation analysis between intelligence quotient and ringer finger basal pattern parameters

手别	参数	df	bf	bd	Dv	dfRC	bfRC	Di	bfd	Dp	Z
右	r	- 0.027	0.214 **	0.293 **	- 0.122	0.008	0.109	0.008	0.112	- 0.112	
	P	0.734	0.006	0.000	0.120	0.918	0.165	0.918	0.154	0.154	
左	r	- 0.194 *	0.329 **	0.332 **	- 0.283 **	0.115	0.268 **	- 0.115	0.074	- 0.074	- 0.068
	P	0.013	0.000	0.000	0.000	0.142	0.001	0.142	0.344	0.344	0.387

表 9 中 bf, bd 和左手 bfRC 与智商极显著正相关,即智障儿掌面偏窄,同样可能提示其发育迟缓. Dv

与智商极显著负相关,即智障儿童花纹的偏扭程度高.综合对称性 Z 值与智商的负相关不显著.

3 讨论

3.1 肤纹与智商的相关性可能有地域性差异和非线性关系

在上海智障儿童中, atd 与智商负相关, TFR 与智商正相关,与文献报道一致.但是双箕斗指纹频率偏高,与文献相反.另外,文献中 αbRC 在不同地方群体中与智商的相关关系不一致.这些现象有可能是由于这种相关性存在地域差异,各地的人群有特异性.这还需要在各地人群中做更多的验证.

上海儿童中 PD , bf , bd 等值与智商正相关.这可能是由于儿童尚处于生长发育期,智障儿智力发育迟滞同时身体发育也迟缓,所以手型小于正常同龄儿童.随着发育完成,这种相关性可能消失,这也有待于在成人中进一步分析验证.

虽然许多参数与智商相关体现出单调性,但是这种单调递增或单调递减也不一定是线性的.希望以后有更精确客观的智力量值来分析,得出其与各类相关参数的经验相关公式.另外一些智商相关参数相关性看来不具单调性.比如 αbRC 在低智商人群中普遍与智商负相关^[8,9],但在高智商人群中则正相关^[10];又如本项研究中双箕斗也在低智商人群中负相关,而中等智商中就已经正相关了^[11].这种先递减再递增的相关关系必然是非线性的.但这种非线性关系应该也是可以分析的,相信肤纹智商经验相关公式不久会问世.

另外我们也注意到各项参数与肤纹的相关系数也并不很高,所以作为个体诊断指标条件还不具备.均衡性和对称性数值值域重叠也太大,只适于作有限的排除诊断($V^F > 32$ 或 $Z < -0.1$ 多为正常).

3.2 均衡性破缺可能与人类智慧产生有重要关系

由对称到不对称,均衡到不均衡是生物进化的一种规律.上海先天智障儿童的指端嵴纹数明显趋于均衡,说明正常智力的儿童应该有相当程度的不均衡.这种正常人体普遍性的均衡性破缺肯定有助于智慧和其他有关先进机能的形成,值得多方面地深入研究.

除了指端嵴纹数(FRC)的均衡性在肤纹和智商间相关外, atd 和 αbRC 与智商的负相关实际上也是种掌面均衡性的反映.如图 1 所示,低智商个体的 αbRC 偏大,反映了其指基三叉点的分散;其 atd 的增大,实际上是 a 和 d 三叉的分散,及 t 三叉前移向指基三叉靠近.所以正常智力个体指基三叉(a, b, c, d)聚集,掌轴三叉(t)远离,体现了一种不均衡性;而先天智障个体指基三叉分散,掌轴三叉靠前,体现了一种相对均衡性的三叉点分布.所以掌面均衡性也与智商负相关.

从肤纹在灵长类中的进化过程看,低等灵长类的花纹分布更为均衡^[13],纹型的出现体现出区域稳定性和全局相似性.猕猴等动物掌面斗型纹都很一致,十指指纹也很一致,相当均衡^[14].猩猩的肤纹开始出现一定的不稳定不均衡性.而人类的肤纹则非常不均衡^[13].可见这种均衡性的破缺是随着进化而产生的,与智慧的发生历程相当.

均衡性破缺其实在人脑皮层机能研究结果中也得到反映.人脑皮层各区的发育程度也很不均衡,有的区域发达,有的区域衰退.皮层不均衡的发展使得各区域特化而能掌管不同的功能.这显然是进化的体现.

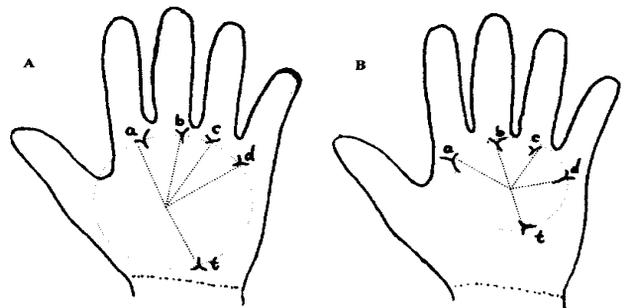


图 1 先天智障与正常智力个体掌面三叉点分布均衡性比较示意图

Fig. 1 Comparison of palm triadii distributional equipoise between constitutional weak wisdom individuals and normal ones

- A. 正常个体 atd 和 αbRC 值小,而三叉点分布不均衡;
B. 先天智障的 atd 和 αbRC 增大,而三叉点分布更均衡

所以不均衡性是正常人体普遍存在的,对智慧之类先进机能应有重要作用.均衡性的破缺在肤纹上有明显反映.先天智障者由于其机体均衡性破缺机制一定程度上失效,使其不能达到正常智力水平,肤纹也表现出相对均衡性.

3.3 左右不对称与智力的关系

左右不对称也是人体的一个特性.本次研究的先天智障儿童相对而言比正常儿童更显得左右对称,可见对称性也可能与智力有一定关系.在肤纹进化过程中,由左右对称向左右不对称的演化过程更明显,基本上是猩猩科才开始出现左右不对称的纹型分布.而人类环指基纹是最不对称的肤纹^[1,2],所以左右不对称也是进化过程中一个先进的特征,因而近年备受重视^[15].智力也可能随左右不对称的加剧而增强,体现为大脑左右半球的进一步分工^[16].在本次研究结果中与智商极显著相关的肤纹参数中,除7项左右手共有的之外,左手单独又拥有4项.这提示左手形态与智障应该有更密切的关系.左手对应右脑,而近年研究发现右脑的发育与智力有很大关系^[17],可能在个体智力差异中扮演更重要的角色.

因此,左右对称性破缺与均衡性破缺一样对智力形成可能有重要作用.先天智障的对称性破缺机制也可能有一定程度的失效.

结论:肤纹与智力是有相关关系的,但是这种关系也比较复杂,可能有地域差异、生长发育阶段差异等等,所以不是简单的线性关系.先天智障儿童肤纹相对正常形态更为均衡对称,因此我们提出智力产生的均衡性破缺和对称性破缺假说,解释了迄今发现的肤纹与智力的相关关系.

参考文献:

- [1] 李 辉,卢大儒,金 力.指间区纹的遗传学研究——指间区纹的各种类型及其间关系[J].人类学学报,2000,19(3):244-250.
- [2] 李 辉,金 力,卢大儒.指间区纹的遗传学研究——指间区纹的嵌镶显性遗传[J].人类学学报,2001,20(2):144-150.
- [3] 肖曼 阿尔特.皮肤纹理和疾病[M].姚荷生译.南京:江苏科技出版社,1984.
- [4] 刘金香.谈遗传因素对人类智力的影响[J].江苏教育学院学报(自然科学版),1999,20(3):47-49.
- [5] Cummins H. Finger Prints, Palms and Soles[M]. New York: Dover Publication, 1943. 50-81.
- [6] 全跃龙,刘忠培,许平芳.智力超常儿童的皮纹分析[J].人类学学报,1995,14(1):48-50.
- [7] 陈祖芬,罗顺培.智能低下者掌、指(趾)皮纹的形态学研究[J].苏州医学院学报,1985(1):29-32.
- [8] 赖荣兴,冯绍桢,李珍妮.皮纹与智力的相关分析[J].遗传,1992,14(5):20-23.
- [9] 陈兰英,骆 延,赵志强,等.人类智掌皮肤嵴纹与智力发育的相关性研究[J].遗传,1999,21(3):25-27.
- [10] 陆国芳,史 芳,李树宁,等.部分重点高中学生智力与指掌表皮嵴纹特征的初步观察[J].天津师范大学学报(自然科学版),2001,21(2):54-56.
- [11] 刘淑森,朱丽华,张丽敏,等.指端纹型与智能相关关系的研究[J].承德医学院学报,1996,13(2):107-110.
- [12] 张海国,王伟成,许玲娣,等.中国人肤纹研究——汉族10项肤纹参数正常值的测定[J].遗传学报,1981,8(1):27-35.
- [13] 李 辉,唐仕敏,姚建壮,等.指间区纹在灵长类动物中的进化[J].人类学学报,2001,20(4):308-313.
- [14] Furuya Y. Studies on the dermatoglyphics of the Macaques——Palmer patterns[J]. *Proceedings of the Japanese Academy*, 1962,38(7):380-382.
- [15] Ryan A K, Blumberg B, Rodriguez Esteban C, et al. Pitx2 determines left-right asymmetry of internal organs in vertebrates[J]. *Nature*, 1998, 394(6693):545-551.
- [16] 沈德立.关于大脑左右半球功能及其协调开发[J].天津师范大学学报,1998(4):18-24.
- [17] 王鸿杰,李帅星,郑 毅.右脑与儿童智力开发[J].北京体育师范学院学报,1998,10(3):35-39.

Analysis of Dermatoglyphy Between Constitutional Mentally Retarded Children

DING Qin^{1,2}, LI Hui¹, XU Li-qun³, LI Qing², JIN Jian-zhong¹,
LU Da-ru¹, JIN Li¹, XIA Zhong-miao²

(1. Center for Anthropological Studies, School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China;
2. Shanghai Pudong Deaf-mute School for Disable Children, Shanghai 200122, China; 3. Department of
Statistics, Management College, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract : The relationship between dermatoglyphic parameters and constitutional mental retardation was explored by correlating the IQ and equipose and zygomorphism of dermatoglyphy in a Shanghai population. Sixty-three constitutional retarded children and 101 age-matched normal controls with low IQ are collected. The relationship of IQs and the dermatoglyphy on palms and fingers, the left-right symmetry of ringer finger basal patterns was studied. Ten fingers' ridge counts between constitutional retarded children are more balanced, while their patterns on left and right hands are more symmetrical than their counterparts. Among all the traits examined, the IQ is positively correlated with the thumb, ringer finger *FRC*, *TFRC*, *RC* of interdigital pattern of left hand, and negatively correlated with *atd*, degree of deviation on ringer finger basal pattern. The observations made in this study contradict previous ones and hypothesis was founded that the development of human intelligence is a process of differentiation which could be reflected loss of equipose (LOE) and loss of zygomorphism (LOZ).

Key words : constitutional retardation; dermatoglyphics; correlation; Shanghai; loss of equipose; left-right asymmetry; intelligence quotient (IQ)

(上接第 613 页)

Research of Ligase Catalyzed Primer Ligation Based on the Oligonucleotide Microarray

ZHANG Cheng-zhi¹, ZHANG Hong-fa², LI Yao¹, CAO Hui-min², HAN Zhi-yong²,
QIU Min-Yan², XIE Yi¹, MAO Yu-min¹

(1. Institute of Genetics, School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China;
2. Shanghai BioStar Genechip Inc., Shanghai 200092, China)

Abstract : Ligase catalyzed primer ligations based on the oligonucleotide microarray was investigated in order to better detect single nucleotide diversity. The HBV fragment from the plasmid was used as a template. Ligase catalyzed ligations were optimized in some main conditions: adding 0.0067% Triton X-100, so as to reduce the background noise; combining the two step of hybridization and ligation and initiating the first one-step method. In addition, the optimized protocol was applied in detecting the blood genotype ABO, which proved that this method was accurate and efficient to analyze the specific nucleotide diversity and can also be used in the disease diagnosis, genotyping and mutation detection.

Key words : oligonucleotide microarray; ligase catalyzed primer ligations; one-step method