

SF

中华人民共和国司法行政行业标准

SF/T 0131—2023

生物学半同胞关系鉴定技术规范

Technical specification for biological half sibling testing

2023 - 10 - 07 发布

2023 - 12 - 01 实施

中华人民共和国司法部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 总体要求	2
6 检验程序	2
7 鉴定意见	5
8 鉴定文书	5
附录 A（规范性） 半同胞关系指数计算	6
参考文献	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由司法鉴定科学研究院提出。

本文件由司法部信息中心归口。

本文件起草单位：司法鉴定科学研究院、中山大学、复旦大学、河北医科大学、四川大学、北京市公安局。

本文件主要起草人：李成涛、孙宏钰、张素华、李淑瑾、侯一平、丛斌、刘雅诚、乌日嘎、李海霞、李燃。

生物学半同胞关系鉴定技术规范

1 范围

本文件规定了法医物证实验室进行生物学半同胞关系鉴定的总体要求、检验程序、鉴定意见和鉴定文书。

本文件适用于两个体配对半同胞关系鉴定、三个体组合半同胞关系鉴定及四个体组合半同胞关系鉴定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 37223 亲权鉴定技术规范
- GA/T 1162 法医生物检材的提取、保存、送检规范
- SF/T 0069 法医物证鉴定实验室管理规范
- SF/T 0117 生物学全同胞关系鉴定技术规范
- SF/Z JD0105006 法医物证鉴定X-STR检验规范
- SF/Z JD0105007 法医物证鉴定Y-STR检验规范
- SF/Z JD0105008 法医物证鉴定线粒体DNA检验规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半同胞 half sibling

具有相同的生物学父亲（或母亲）和不同的生物学母亲（或父亲）的多个子代个体。

3.2

半同胞关系鉴定 half sibling testing

通过检测人类遗传标记和分析遗传规律，对有争议的个体之间是否存在半同胞（3.1）关系进行判定的过程。

注：本文件中半同胞关系鉴定包含两个体配对半同胞关系鉴定（双亲皆无情况下，甄别两个体间生物学半同胞关系与无关个体关系）、三个体组合半同胞关系鉴定（双亲皆无情况下，甄别两个已知生物学全同胞和另一个体间的生物学半同胞关系与无关个体关系）及四个体组合半同胞关系鉴定（共同单亲缺失而双方另一单亲参与情况下，甄别两个子代个体间生物学半同胞关系与无关个体关系）。

3.3

半同胞关系指数 half sibling index; HSI

对于每一个遗传标记而言，争议个体之间存在半同胞（3.1）关系时其基因型出现的概率与争议个体之间为无关个体时其基因型出现的概率的比值。

注：计算见式（1）：

$$HSI = \frac{\Pr(E | H_1)}{\Pr(E | H_2)} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- E ——所有参与鉴定的个体的基因分型；
- H₁ ——假设争议个体之间存在半同胞关系；
- H₂ ——假设争议个体之间为无关个体；

$\Pr(E|H_1)$ —— H_1 假设下参与鉴定的个体出现该基因型的概率；
 $\Pr(E|H_2)$ —— H_2 假设下参与鉴定的个体出现该基因型的概率。

3.4

累积半同胞关系指数 cumulative half sibling index; CHSI

当采用包含多个相互独立遗传的遗传标记对被鉴定人进行检测时,各遗传标记半同胞关系指数(3.3)的乘积。

注:计算见式(2):

$$CHSI = HSI_1 \times HSI_2 \times HSI_3 \times \dots \times HSI_n = \prod_{i=1}^n HSI_i \dots\dots\dots (2)$$

式中:

HSI_i ——第*i*个遗传标记的半同胞关系指数;
n ——检测系统所包含遗传标记的个数。

3.5

家系重建法 family reconstruction method

多个体参与鉴定时,基于已知个体的基因型,根据孟德尔遗传规律推算缺失亲代的基因型,从而进行亲缘关系鉴定的方法。

3.6

系统效能 system efficiency

采用给定的检测系统以及相应的判定标准进行生物学亲缘关系鉴定时,预计能够给出明确鉴定结论的可能性。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- DNA: 脱氧核糖核酸 (Deoxyribonucleic Acid)
- IBD: 血缘一致性 (Identical By Descent)
- PCR: 聚合酶链式反应 (Polymerase Chain Reaction)
- STR: 短串联重复序列 (Short Tandem Repeats)

5 总体要求

5.1 鉴定机构应具有从事法医物证的执业范围,且应满足以下要求:

- a) 对所有影响鉴定结果的人员岗位规定相应的能力要求,包括教育、资质、培训、专业知识和技能等,并保留相关记录,制定适宜的培训计划并组织实施;
- b) 依据第6章~第8章的规定,对鉴定人以及参与鉴定工作的人员进行监督,以评价其鉴定工作的符合性和满意程度,监督的结果作为培训需求评价的依据之一;
- c) 具有能识别样本的标识系统,并确保样本在鉴定过程期间能得到持续的识别;
- d) 建立样本的运输、接收、处置、保护、存储、保留和/或清理的规定,能对接收、内部传递、处置、保留、返还和清理等过程进行记录,确保记录的完整性和可追溯性。

5.2 鉴定人应具有法医物证鉴定执业资格,熟悉并掌握半同胞关系鉴定的原理和方法,并能正确评价结果。

5.3 鉴定活动应包括检验(采样、DNA提取和保存、DNA定量分析、PCR扩增与分型、半同胞关系指数的计算)、鉴定意见出具以及鉴定文书撰写等环节。鉴定活动完毕后,应将各个环节的记录归档。

5.4 实验室的基本要求以及样本管理、设备管理和质量管理等应符合SF/T 0069的规定。

6 检验程序

6.1 采样

样本的采集、包装和保存要求如下:

- a) 样本一般为血液(斑)、唾液(斑)、口腔拭子、带毛囊毛发、精液(斑)、羊水或组织块等;

- b) 对于接受了外周血干细胞移植的被鉴定人,应避免采集其血样作为检验样本,宜取其口腔拭子、唾液、毛发或指甲等;
- c) 样本应分别包装,进行唯一性标识并注明样本类型、采样日期和采集人等;
- d) 样本的提取、保存与送检应按照 GA/T 1162 的规定执行。

6.2 DNA 提取和保存

样本的DNA提取和保存应符合GB/T 37223的规定。

6.3 DNA 定量分析

DNA定量分析应符合GB/T 37223的规定。

6.4 PCR 扩增与分型

6.4.1 STR 基因座

6.4.1.1 必检基因座

在进行生物学半同胞关系鉴定时,以下19个常染色体STR基因座为必检基因座:

- a) vWA;
- b) D21S11;
- c) D18S51;
- d) D5S818;
- e) D7S820;
- f) D13S317;
- g) D16S539;
- h) FGA;
- i) D8S1179;
- j) D3S1358;
- k) CSF1PO;
- l) TH01;
- m) TPOX;
- n) Penta E;
- o) Penta D;
- p) D2S1338;
- q) D19S433;
- r) D12S391;
- s) D6S1043。

6.4.1.2 其他基因座

除了6.4.1.1中规定的19个必检基因座外,还应增加检测其他常染色体STR基因座。增加检测的STR基因座的要求如下:

- a) 与6.4.1.1中19个必检STR基因座应不存在连锁不平衡;
- b) 增加的STR基因座之间应不存在连锁不平衡;
- c) 增加的STR基因座应符合哈迪-温伯格平衡;
- d) 增加的STR基因座的平均个体识别能力宜不低于0.9000。

6.4.2 PCR 扩增

PCR扩增要求如下:

- a) 宜选用商品化试剂盒进行DNA扩增;
- b) 每次检验均应同时扩增阳性对照样本(已知浓度和基因型的对照品DNA或已检验过的、已知基因型的样本)以及不含人类基因组DNA的阴性对照样本;
- c) PCR扩增体系与温度循环参数宜参照试剂盒的操作说明书进行设定。

6.4.3 PCR 扩增产物的检测与结果判读

PCR扩增产物的检测和结果判读应符合以下要求：

- 使用遗传分析仪对 PCR 产物进行毛细管电泳分析；
- 使用等位基因分型参照物（Ladder）对样本进行分型；
- PCR 扩增产物的检测步骤和方法按照仪器的操作手册进行。

6.5 半同胞关系指数的计算

6.5.1 半同胞关系鉴定的假设系谱图

本文件中三种半同胞关系鉴定情形的 H_1 假设和 H_2 假设系谱图应符合附录 A 的表 A. 1。

6.5.2 两个体配对半同胞关系鉴定

采用 ITO 法计算半同胞关系指数。对于常染色体遗传标记，任意两个体存在某种关系的概率 $R = \phi_2 I + \phi_1 T + \phi_0 O$ ，其中 ϕ_2 、 ϕ_1 、 ϕ_0 分别表示两个体基因型出现 2 个、1 个和 0 个 IBD 等位基因的概率，I、T、O 分别表示两个体的基因型有 2 个、1 个和 0 个 IBD 等位基因的情况下出现该基因型的概率。

注：两个体在同一基因座上出现相同的由共同祖先遗传而来的等位基因，称为 IBD，该等位基因也称为 IBD 等位基因。

H_1 假设下， ϕ_2 、 ϕ_1 、 ϕ_0 分别为 0、0.5、0.5； H_2 假设下， ϕ_2 、 ϕ_1 、 ϕ_0 分别为 0、0、1。计算方法见示例。

示例：

假设争议个体 S1 和 S2 的基因型分别为 AB、AB，则 I、T、O 分别为 1、0.5(a+b)、2ab，其中 a、b 分别为等位基因 A 和 B 的频率。此时 $HSI = R_1/R_2 = (4ab + a + b) / (8ab)$ 。

不同基因型组合时两个体配对的半同胞关系指数计算公式应符合附录 A 的表 A. 2。

6.5.3 三个体组合半同胞关系鉴定

三个体组合半同胞关系鉴定中 S1 和 S2 的全同胞关系视为确定的前提条件，按照 SF/T 0117 的规定先进行确认。

采用家系重建法计算半同胞关系指数。利用孟德尔遗传规律，根据 S1、S2 和 S3 的基因型推导出基于 H_1 假设的各种基因型组合及其可能性 (X_1 、 X_2 、... X_n) 和基于 H_2 假设的各种基因型组合及其可能性 (Y_1 、 Y_2 、... Y_n)， $HSI = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n)$ 。计算方法见示例。

示例：

假设已知全同胞个体 S1 和 S2 的基因型分别为 AB、CD，争议的同父半同胞个体 S3 的分型为 AC。 H_1 假设下，根据三个体的基因型推出生父的基因型可有 3 种，即 AC、AD 或 BC；而 H_2 假设下根据 S1 和 S2 的基因型推出生父的基因型可有 4 种，即 AC、AD、BC 或 BD。半同胞关系指数计算见式 (3)：

$$HSI = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4} = \frac{(2ac \times \frac{b}{2} \times \frac{d}{2} \times \frac{a+c}{2}) + (2ad \times \frac{b}{2} \times \frac{c}{2} \times \frac{c}{2}) + (2bc \times \frac{a}{2} \times \frac{d}{2} \times \frac{a}{2})}{(2ac \times \frac{b}{2} \times \frac{d}{2} \times 2ac) + (2ad \times \frac{b}{2} \times \frac{c}{2} \times 2ac) + (2bc \times \frac{a}{2} \times \frac{d}{2} \times 2ac) + (2bd \times \frac{a}{2} \times \frac{c}{2} \times 2ac)} = \frac{a+c}{8ac} \dots \dots \dots (3)$$

其中 a、b、c、d 分别为等位基因 A、B、C、D 的频率。

不同基因型组合时三个体组合的半同胞关系指数计算公式应符合附录 A 的表 A. 3。

6.5.4 四个体组合半同胞关系鉴定

四个体组合半同胞关系鉴定中 M1 和 S1 以及 M2 和 S2 的母子关系视为确定的前提条件，按照 GB/T 37223 的规定先进行确认。

采用家系重建法计算半同胞关系指数。同 6.5.3 所述，利用孟德尔遗传规律，根据 M1、S1 和 M2、S2 基因型推导出基于 H_1 假设的各种基因型组合及其可能性 (X_1 、 X_2 、... X_n) 和基于 H_2 假设的各种基因型组合及其可能性 (Y_1 、 Y_2 、... Y_n)， $HSI = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n)$ 。计算方法见示例。

示例：

假设 M1、S1、M2、S2 的基因型分别为 AB、AA、AB、AA。 H_1 假设下，根据四个体基因型推出生父基因 A，可能的基因型有 2 种，即 AA 或 AZ (Z 表示 A 之外的任意等位基因)； H_2 假设下根据四个体基因型推出生父可能的基因型也有 2 种，即 AA 或 AZ。半同胞关系指数计算见式 (4)：

$$HSI = \frac{X_1+X_2}{Y_1+Y_2} = \frac{(a^2 \times 2ab \times 1 \times \frac{1}{2} \times 2ab \times 1 \times \frac{1}{2}) + (2az \times 2ab \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 2ab \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2})}{(a^2 \times 2ab \times 1 \times \frac{1}{2} \times 2ab \times a \times \frac{1}{2}) + (2az \times 2ab \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 2ab \times a \times \frac{1}{2})} = \frac{a+1}{2a} \dots\dots\dots (4)$$

其中a、b、z分别为等位基因A、B、Z的频率，且z=1-a。

不同基因型组合时四个体组合的半同胞关系指数计算公式应符合附录A的表A.4。

7 鉴定意见

7.1 鉴定人应根据检验结果和累积半同胞关系指数计算结果形成鉴定意见。

7.2 三种鉴定情形所采用检测系统的系统效能均应大于0.75，即两个体配对半同胞关系鉴定应检测不少于73个常染色体STR基因座，三个体组合半同胞关系鉴定应检测不少于39个常染色体STR基因座，四个体组合半同胞关系鉴定应检测不少于35个常染色体STR基因座。

7.3 累积半同胞关系指数大于10,000时，鉴定意见为“倾向于认为争议个体（子代个体）为半同胞关系。”累积半同胞关系指数小于0.0001时，鉴定意见为“倾向于认为争议个体（子代个体）为无关个体。”累积半同胞关系指数介于0.0001和10,000之间时，鉴定意见为“无法给出倾向性意见。”当无法给出倾向性意见时，可按照6.4.1.2的规定，通过增加检测常染色体遗传标记提高检测系统的系统效能。

7.4 对于两个体配对半同胞关系鉴定，当争议个体之间可能为同父异母兄弟时，应按照SF/Z JD0105007的规定补充检验Y染色体遗传标记；可能为同父异母姐妹时，应按照SF/Z JD0105006的规定补充检验X染色体遗传标记；可能为同母异父半同胞时，应按照SF/Z JD0105008的规定补充检验线粒体DNA遗传标记。相关结果应根据其遗传规律采用文字描述的方式进行分析说明。

7.5 对于基于高通量测序平台的检测，采用商品化试剂盒或已经公开发表过验证研究论文的高通量测序检测体系所获得的常染色体STR、X染色体STR、Y染色体STR或线粒体DNA检验数据也适用于本文件。

8 鉴定文书

鉴定文书的格式宜按照主管部门的规定或相关标准执行，且内容符合以下要求：

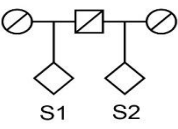
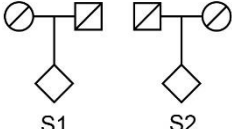
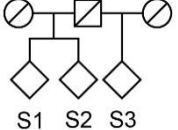
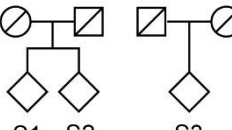
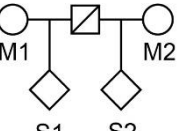
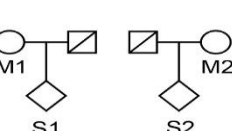
- a) 描述所使用的检测系统及获得的累积半同胞关系指数；
- b) 按照第7章的规定给出鉴定意见。

附录 A
(规范性)
半同胞关系指数计算

A.1 三种半同胞关系鉴定情形的 H₁ 假设和 H₂ 假设系谱图

按照表A.1查阅三种半同胞关系鉴定情形的H₁假设和H₂假设系谱图。

表A.1 三种半同胞关系鉴定情形的 H₁ 假设和 H₂ 假设系谱图

鉴定情形	H ₁	H ₂
两个体配对半同胞关系鉴定		
三个体组合半同胞关系鉴定		
四个体组合半同胞关系鉴定		
注：S表示有争议的个体（子代个体），M表示母亲。		

A.2 两个体配对半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算

按照表A.2计算两个体配对半同胞关系鉴定的半同胞关系指数。

表A.2 两个体配对半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算公式

S1	S2	半同胞关系指数 (HSI)
AA	AA	$(a+1)/(2a)$
AA	AB	$(2a+1)/(4a)$
AA	BB	0.5
AA	BC	0.5
AB	AB	$(4ab+a+b)/(8ab)$
AB	AC	$(4a+1)/(8a)$
AB	CC	0.5
AB	CD	0.5
注：等位基因A、B、C、D的频率分别为a、b、c、d。		

A.3 三个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算

按照表A.3计算三个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数。

表A.3 三个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算公式

S1	S2	S3	半同胞关系指数 (HSI)
AA	AA	AA	$(3a+1)/[2a(a+1)]$
AA	AA	BB	$1/[2(a+1)]$
AA	AA	AB	$(4a+1)/[4a(a+1)]$

表 A.3 三个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算公式（续）

S1	S2	S3	半同胞关系指数 (HSI)
AA	AA	BC	$1/[2(a+1)]$
AA	BB	AA	$1/(2a)$
AA	BB	AB	$(a+b)/(4ab)$
AA	BB	AC	$1/(4a)$
AA	AB	AA	$(1/2a)+1/[2(a+1)]$
AA	AB	BB	$1/(4b)+1/[4(a+1)]$
AA	AB	CC	$1/[4(a+1)]$
AA	AB	AB	$1/(8b)+(5a+2)/[8a(a+1)]$
AA	AB	AC	$(5a+2)/[8a(a+1)]$
AA	AB	BC	$1/(8b)+1/[4(a+1)]$
AA	AB	CD	$1/[4(a+1)]$
AA	BC	AA	$1/(2a)$
AA	BC	BB	$1/(4b)$
AA	BC	AB	$(a+2b)/(8ab)$
AA	BC	AD	$1/(4a)$
AA	BC	BC	$(b+c)/(8bc)$
AA	BC	BD	$1/(8b)$
AB	AB	AA	$(a^2+b+5ab+4a+1)/[4a(2ab+a+b+1)]$
AB	AB	CC	$(a+b+2)/[4(2ab+a+b+1)]$
AB	AB	AB	$(6ab+a+b)(a+b+1)/[8ab(2ab+a+b+1)]$
AB	AB	AC	$(2a^2+b+6ab+6a+1)/[8a(2ab+a+b+1)]$
AB	AB	CD	$(a+b+2)/[4(2ab+a+b+1)]$
AB	AC	AA	$1/(4a)+3/[4(2a+1)]$
AB	AC	BB	$1/(4b)+1/[4(2a+1)]$
AB	AC	DD	$1/[4(2a+1)]$
AB	AC	AB	$[(a+b)/(8ab)]+1/[2(2a+1)]$
AB	AC	AD	$1/(8a)+1/[2(2a+1)]$
AB	AC	BC	$[(b+c)/(8bc)]+1/[4(2a+1)]$
AB	AC	BD	$1/(8b)+1/[4(2a+1)]$
AB	AC	DE	$1/[4(2a+1)]$
AB	CD	AA	$1/(4a)$
AB	CD	AB	$(a+b)/(8ab)$
AB	CD	AC	$(a+c)/(8ac)$
AB	CD	AE	$1/(8a)$
AA	BB	CC	μ
AA	BB	CD	μ
AA	BC	DD	μ
AA	BC	DE	μ
AB	CD	EE	μ
AB	CD	EF	μ

注1: 等位基因A、B、C、D、E、F的频率分别为a、b、c、d、e、f。
注2: 对于违反孟德尔遗传规律的基因型组合, 以基因座突变率(μ)作为HSI值, 取值为平均突变率0.002。

A.4 四个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算

按照表A.4计算四个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数。当被检孩子与生母在该基因座不符合遗传规律，考虑存在生母等位基因突变的情形时，参照SF/Z JD0105005推断生父基因，再按照6.5.4及表A.4进行计算。

表A.4 四个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算公式

M1	S1	M2	S2	半同胞关系指数 (HSI)
AA	AA	AA	AA	$(a+1)/(2a)$
AA	AA	AA	AB	0.5
AA	AA	AB	AA	$(a+1)/(2a)$
AA	AA	AB	AB	$(a+b+1)/[2(a+b)]$
AA	AA	AB	AC	0.5
AA	AA	AB	BB	0.5
AA	AA	AB	BC	0.5
AA	AA	BB	AB	$(a+1)/(2a)$
AA	AA	BB	BB	0.5
AA	AA	BB	BC	0.5
AA	AA	BC	AB	$(a+1)/(2a)$
AA	AA	BC	BB	0.5
AA	AA	BC	BC	0.5
AA	AA	BC	BD	0.5
AA	AA	BC	CC	0.5
AA	AA	BC	CD	0.5
AA	AB	AA	AB	$(b+1)/(2b)$
AA	AB	AA	AC	0.5
AA	AB	AB	AA	0.5
AA	AB	AB	AB	$(a+b+1)/[2(a+b)]$
AA	AB	AB	AC	0.5
AA	AB	AB	BB	$(b+1)/(2b)$
AA	AB	AB	BC	0.5
AA	AB	AC	AA	0.5
AA	AB	AC	AB	$(b+1)/(2b)$
AA	AB	AC	AC	0.5
AA	AB	AC	AD	0.5
AA	AB	AC	BC	$(b+1)/(2b)$
AA	AB	AC	CC	0.5
AA	AB	AC	CD	0.5
AA	AB	BB	AB	0.5
AA	AB	BB	BC	0.5
AA	AB	BC	AB	0.5
AA	AB	BC	AC	0.5
AA	AB	BC	BB	$(b+1)/(2b)$
AA	AB	BC	BC	$(b+c+1)/[2(b+c)]$
AA	AB	BC	BD	0.5
AA	AB	BC	CC	0.5
AA	AB	BC	CD	0.5
AA	AB	CC	BC	$(b+1)/(2b)$
AA	AB	CC	CD	0.5
AA	AB	CD	AC	0.5
AA	AB	CD	BC	$(b+1)/(2b)$
AA	AB	CD	CD	0.5
AA	AB	CD	CE	0.5
AB	AA	AB	AA	$(a+1)/(2a)$
AB	AA	AB	AB	$(a+b+1)/[2(a+b)]$

表 A.4 四个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算公式 (续)

M1	S1	M2	S2	半同胞关系指数 (HSI)
AB	AA	AB	AC	0.5
AB	AA	AB	BC	0.5
AB	AA	AC	AA	$(a+1)/(2a)$
AB	AA	AC	AB	0.5
AB	AA	AC	AC	$(a+c+1)/[2(a+c)]$
AB	AA	AC	AD	0.5
AB	AA	AC	BC	0.5
AB	AA	AC	CC	0.5
AB	AA	AC	CD	0.5
AB	AA	BC	AB	$(a+1)/(2a)$
AB	AA	BC	AC	$(a+1)/(2a)$
AB	AA	BC	BC	0.5
AB	AA	BC	BD	0.5
AB	AA	BC	CD	0.5
AB	AA	CC	AC	$(a+1)/(2a)$
AB	AA	CC	CD	0.5
AB	AA	CD	AC	$(a+1)/(2a)$
AB	AA	CD	BC	0.5
AB	AA	CD	CC	0.5
AB	AA	CD	CD	0.5
AB	AA	CD	CE	0.5
AB	AB	AB	AB	$(a+b+1)/[2(a+b)]$
AB	AB	AB	BC	0.5
AB	AB	AC	AB	$(a+b+1)/[2(a+b)]$
AB	AB	AC	AC	$(a^2+ab+ac+bc+a)/[2(a^2+ac+ab+bc)]$
AB	AB	AC	AD	0.5
AB	AB	AC	BC	$(a+b+1)/[2(a+b)]$
AB	AB	AC	CD	0.5
AB	AB	CD	AC	$(a+b+1)/[2(a+b)]$
AB	AB	CD	CD	0.5
AB	AC	AB	AB	0.5
AB	AC	AB	AC	$(c+1)/(2c)$
AB	AC	AB	AD	0.5
AB	AC	AB	BC	$(c+1)/(2c)$
AB	AC	AB	BD	0.5
AB	AC	AC	AB	0.5
AB	AC	AC	AC	$(a+c+1)/[2(a+c)]$
AB	AC	AC	AD	0.5
AB	AC	AC	BC	0.5
AB	AC	AC	CD	0.5
AB	AC	AD	AB	0.5
AB	AC	AD	AC	$(c+1)/(2c)$
AB	AC	AD	AD	0.5
AB	AC	AD	AE	0.5
AB	AC	AD	BD	0.5
AB	AC	AD	CD	$(c+1)/(2c)$
AB	AC	AD	DE	0.5
AB	AC	CD	AC	0.5
AB	AC	CD	CD	$(c+d+1)/[2(c+d)]$
AB	AC	CD	CE	0.5
AB	AC	CD	DE	0.5
AB	AC	DE	AD	0.5

表 A.4 四个体组合半同胞关系鉴定的半同胞关系指数计算公式（续）

M1	S1	M2	S2	半同胞关系指数 (HSI)
AB	AC	DE	CD	$(c+1)/(2c)$
AB	AC	DE	DE	0.5
AB	AC	DE	DF	0.5
AB	BB	AA	AC	0.5
AB	BB	AB	AA	0.5
AB	BB	AB	AC	0.5
AB	BB	AB	BB	$(b+1)/(2b)$
AB	BB	AB	BC	0.5
AB	BB	AC	AA	0.5
AB	BB	AC	AB	$(b+1)/(2b)$
AB	BB	AC	AC	0.5
AB	BB	AC	AD	0.5
AB	BB	AC	BC	$(b+1)/(2b)$
AB	BB	AC	CC	0.5
AB	BB	AC	CD	0.5
AB	BB	BC	AB	0.5
AB	BB	BC	AC	0.5
AB	BB	BC	BC	$(b+c+1)/[2(b+c)]$
AB	BB	BC	BD	0.5
AB	BB	BC	CD	0.5
AB	BB	CC	AC	0.5
AB	BB	CC	CD	0.5
AB	BB	CD	AC	0.5
AB	BB	CD	BC	$(b+1)/(2b)$
AB	BB	CD	CC	0.5
AB	BB	CD	CD	0.5
AB	BB	CD	CE	0.5
AB	BC	AB	BC	$(c+1)/(2c)$
AB	BC	AB	BD	0.5
AB	BC	AC	AB	0.5
AB	BC	AC	AC	$(a+c+1)/[2(a+c)]$
AB	BC	AC	AD	0.5
AB	BC	AC	BC	0.5
AB	BC	AC	CD	0.5
AB	BC	AD	AB	0.5
AB	BC	AD	AC	$(c+1)/(2c)$
AB	BC	AD	AD	0.5
AB	BC	AD	AE	0.5
AB	BC	AD	BD	0.5
AB	BC	AD	CD	$(c+1)/(2c)$
AB	BC	AD	DE	0.5
AB	BC	CD	AC	0.5
AB	BC	CD	AD	0.5
AB	BC	CD	CD	$(c+d+1)/[2(c+d)]$
AB	BC	CD	CE	0.5
AB	BC	CD	DE	0.5
AB	BC	DE	AD	0.5
AB	BC	DE	CD	$(c+1)/(2c)$
AB	BC	DE	DE	0.5
AB	BC	DE	DF	0.5

注1：等位基因A、B、C、D、E、F的频率分别为a、b、c、d、e、f。

注2：表中公式同样适用于共同单亲为母亲且双方生父参与鉴定的情形。

参 考 文 献

- [1] SF/Z JD0105005 生物学祖孙关系鉴定规范
- [2] 陆惠玲, 杨庆恩. 用ITO法计算两个体间的血缘关系机会. 中国法医学杂志. 2002, 17(3):188-191
- [3] Weir BS, Anderson AD, Hepler AB. Genetic relatedness analysis: modern data and new challenges. *Nat Rev Genet.* 2006, 7(10):771-780
- [4] 李海霞, 李建金, 李燃, 孙宏钰. 两个已知全同胞参与的同胞鉴定分析. 中国法医学杂志. 2019, 34(2):159-164
- [5] Dai F, Weeks DE. Ordered genotypes: an extended ITO method and a general formula for genetic covariance. *Am J Hum Genet.* 2006, 78(6):1035-1045
-