

# “喝酒脸红”基因探秘——遗传学实验案例深度挖掘与应用探讨

赵雪莹<sup>1,2</sup>, 李有<sup>2</sup>, 卢大儒<sup>2</sup>, 皮妍<sup>1,2</sup>

1. 复旦大学, 生物科学国家级实验教学示范中心, 上海 200433

2. 复旦大学生命科学学院, 上海 200433

**摘要:** 遗传学相关技术已越来越深入影响着人类的健康与生活。从理论到实践, 以学科应用的典型案例开展教学, 是近年来遗传学教学领域较为热衷的新模式。本文以生活中“喝酒脸红”表型为例, 将表型分析、群体分析和家系分析等多角度、多层面的遗传学理论知识与实践案例有机融合, 在激发学生主动学习兴趣的同时, 系统培养学生理论联系实际, 从实践中发现问题、解决问题的能力, 并在实践中进一步拓展学习基因检测相关的生命伦理、基因信息保护、遗传资源保护等知识, 激发学生主动思考, 以期达到全面培养学生的科学思维能力与科学素养的目的。

**关键词:** *ADH1B* 基因; *ALDH2* 基因; 遗传学实验教学; 生命伦理

## Exploring the gene of “alcohol flush”——in-depth exploration and application of genetic experimental cases

Xueying Zhao<sup>1,2</sup>, You Li<sup>2</sup>, Daru Lu<sup>2</sup>, Yan Pi<sup>1,2</sup>

1. National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Fudan University, Shanghai 200433, China

2. School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China

**Abstract:** Genetic related technologies are increasingly influencing human health and life. From theory to practice, teaching through typical cases of disciplinary applications has become a popular new model in the field of genetics education. This experiment takes the phenotype case of “alcohol flush” as an example, organically integrating genetic knowledge from multiple perspectives and levels such as phenotypic analysis, population genetic analysis and pedigree analysis with experimental cases. In teaching practice, the “alcohol flush” case study can greatly stimulate students’ interest in active learning, cultivate students’ ability to connect theory with practice, discover and solve problems from practice, and further expand their learning of genetic testing related bioethics, genetic information

收稿日期: 2025-01-02; 修回日期: 2025-01-17; 网络发布日期: 2025-04-18

基金项目: 2022 年度上海高校市级重点课程建设项目(编号: 19)和复旦大学 2023 年度课程思政教育教学改革研究课题-遗传学实验(编号: IAH6222054/096)资助[Supported by 2022 Shanghai Municipal-level Key Courses Construction Project for Higher Education Institutions (No. 19) and 2023 Fudan University Curriculum Ideological and Political Education Teaching Reform Research Project-Genetics Experiment (No. IAH6222054/096)]

作者简介: 赵雪莹, 博士, 实验师, 研究方向: 分子遗传学。E-mail: xueying\_zhao@fudan.edu.cn

通讯作者: 皮妍, 博士, 教授, 研究方向: 分子遗传学。E-mail: yanpi@fudan.edu.cn

DOI: 10.16288/j.ycz.25-002

protection, genetic resource protection, and other knowledge through personal practical teaching, thus cultivate students' scientific thinking ability and scientific literacy.

**Keywords:** *ADH1B*; *ALDH2*; genetic experiment; bioethics

遗传学是研究生物体基因遗传与变异规律的科学,是生命科学的核心学科之一<sup>[1,2]</sup>。随着现代生物技术的飞速发展,人类对自身基因组的认知和解读越来越深刻,基因科学与技术也越来越广泛地影响着人类的健康与生活,由此带来对高层次生命科学人才培养的全新要求:不仅要求学生具备较强的科技创新能力和理论联系实际能力,而且要求学生在科技改变生活所引发的社会争议与空前挑战下保持清醒客观的独立思考能力与科学理性的批判精神<sup>[3,4]</sup>。在遗传学本科教学中,如何带领学生探究利用强大的基因技术解决实际问题的方案,加深对基因及与此相关的伦理和社会问题的理解,引导学生从基因的角度主动发现问题、分析问题、解决问题,值得每一位教师深入思考。

## 1 遗传学实验的“案例式教学”

在遗传学的教学体系中,实验教学的目的在于强化学生的理论知识,提升相关技术操作能力,培养学生的科研创新思维和综合实践能力<sup>[5]</sup>。基于案例学习的教学方法(case-based learning, CBL)最早起源于哈佛大学,是培养法律专业人士、医生和企业管理者行之有效的教学方法。联合国教科文组织的一份调查报告显示:在学生分析问题和解决问题的观念培养与能力提升上,案例教学的效果排名第一<sup>[6]</sup>。当前,在我国遗传学及医学遗传学理论课程的教学过程中,CBL法的应用已相当广泛,且成效显著<sup>[7-11]</sup>。然而,与理论教学相比,CBL法在实验教学领域内的探索与实践却相对匮乏,仍需进一步的研究与推广,以充分挖掘其在提升学生实践能力和创新思维方面的巨大潜力。实验教学与CBL法相结合,让学生亲身接触真实的案例,不仅能够将复杂的理论知识简单化、形象化以便于记忆,还能充分激发学生的主动学习兴趣,引导学生自行提出问题,并在教师的指导下利用实验平台和技术解决问题,从而达到将

理论知识与操作技能融会贯通,以整合性思维解决实际问题的目的。

近年来,伴随着高通量测序技术的迭代升级和成本下降及基因组学研究的日新月异,基因检测技术已逐渐应用到人类生活的方方面面,如疾病诊断、病原体检测、产前筛查、司法鉴定等,成为人们生活中耳熟能详、接触最多的生物技术之一。然而,基因检测技术在极大地造福于人类的同时,其所涉及的生命伦理、隐私泄露等问题也逐渐引起人们的关注,成为社会争议的焦点之一。由于其技术成熟,操作相对简便,成本较低,已在本科实验教学具有较好的可行性。将利用基因检测技术探究个体酒精代谢能力设计为遗传学实验案例引入本科教学,让学生有机会探究自身基因与表型的奥秘,能很好地激发学生的钻研热情,在亲身实践中达到巩固和拓展理论知识、理论联系实际的目的。

选择“喝酒脸红”这一贴近生活并在群体中分布较广的表型,通过检测乙醇和乙醛代谢相关的两个基因突变位点,带领学生从多角度深入剖析该表型背后的遗传学原理,在课堂上展开相关讨论。一方面,以待测基因为研究对象,引导学生从表型分析、群体分析、家系分析等多层面进行延伸拓展,强化“基因型决定表型”、“不同等位基因的人群频率”、“基因分离及自由组合定律”等重要的遗传学理论知识;另一方面,引导学生对“脸红”这一受多种因素影响(如环境温度、情绪、血压等)的复杂性状进行分析,学习“多种因素(多基因、基因与环境等)共同决定复杂性状”的研究思路;进一步,由“喝酒脸红”拓展至其他非疾病性状的基因检测,引导学生从生命科学、医学、伦理学、信息科学、大数据等多学科角度广泛思考,在实践的过程中学习“知情同意原则”、“基因隐私”、“信息保护”、“遗传资源”等知识,培养其理性严谨的科学态度及独立性、批判性的科学思维方式,全面系统地提升学生的科学素养。

## 2 教学方案设计

### 2.1 实验原理

乙醇脱氢酶(alcohol dehydrogenase, ADH)和乙醛脱氢酶(acetaldehyde dehydrogenase, ALDH)在人体内的酒精代谢过程中起到了关键的作用<sup>[12]</sup>。前者主要负责将肠道吸收的乙醇(酒精)氧化为乙醛,后者则进一步将乙醛氧化成乙酸,再经分解转变为水和二氧化碳排出体外。乙醛是世界卫生组织公布的一级致癌物,不仅能够引起头痛、恶心、眩晕等醉酒症状,还具有促进毛细血管扩张的功能,是导致酒精性脸红反应的主要原因。目前已发现的人类 ADH 同工酶有 20 余种,在 ADH 家族中,主要由 ADH1B 和 ADH1C 参与人体内的乙醇代谢,其中 ADH 活性相关基因 *ADH1B*(GenBank:NM\_000668.5)的突变位点 rs1229984 发生 C→T 的突变后,氨基酸由精氨酸突变为组氨酸,使酶活性大大增强,并且乙醇转变为乙醛的速率随等位基因 T 携带数量的增多而加快,基因型 T/T 携带者相较于 C/T、C/C 携带者能够在体内快速分解乙醇,继而产生大量的乙醛。目前已发现的人类 ALDH 同工酶有 12 种,主要由位于线粒体内的 ALDH 活性相关基因 *ALDH2*(GenBank:JF432260)参与人体内的酒精代谢,催化乙醛的氧化反应。该基因的突变位点 rs671 发生 G→A 的突变后,氨基酸由谷氨酸突变为赖氨酸,使酶活性基本丧失,导致酒精分解产生的乙醛进一步代谢为乙酸的过程受阻,乙醛在体内积蓄,造成脸红及其他危害<sup>[13]</sup>。

### 2.2 教学实践的基本流程

本实验在 2023 年及 2024 年完成了两次教学实践。

#### 2.2.1 签署知情同意书

实验开始前,教师首先在课堂上向学生传授酒精代谢理论知识、基因检测技术原理、基因检测相关伦理要求等内容,然后针对本实验的开设目的及操作流程进行详细讲解,现场征求学生的意见,若同意参加,则请学生在课堂上签署知情同意书。

#### 2.2.2 基因组 DNA 提取

对于参与本实验的学生,由教师指导其通过采

集自身的口腔脱落细胞提取基因组 DNA。实验采用生工生物工程(上海)股份有限公司生产的一管式口腔拭子 DNA 抽提试剂盒进行。提取完成后,采用 NanoDrop 2000 超微量分光光度计(美国 Thermo Fisher 公司)进行 DNA 浓度及纯度测定。每一位学生独立完成自己的基因组 DNA 提取与检测。

#### 2.2.3 *ADH1B* rs1229984 和 *ALDH2* rs671 位点基因型检测

本实验采用 TaqMan 荧光探针法进行 rs1229984 和 rs671 位点的基因型检测。所用探针购自 TaqMan<sup>®</sup> SNP Genotyping 系统(美国 Thermo Fisher 公司),搭配 TaqMan<sup>®</sup> Genotyping Master Mix 试剂配制反应体系。对于每一个位点,检测体系中包含用于特异性扩增待测位点所在序列的上下游引物,以及分别标有 VIC<sup>™</sup>和 FAM<sup>®</sup>两种荧光的两条探针,用于检测两种不同的等位基因。基因型检测通过 QuantStudio<sup>™</sup> 荧光定量 PCR 仪完成。实验中,学生以 8 人为一小组,取自己的基因组 DNA 约 10 ng 配制反应体系,之后匿名加入反应管中进行检测。

#### 2.2.4 家系样本采集

采用匿名自愿报名的方式向参与实验的学生征集家系样本,从报名者中遴选出两个家族内具有“喝酒脸红”表型(愿意提供各成员的表型描述),且方便采集三代直系亲属样本的家系纳入检测。签署知情同意书之后,所有家系成员均通过上述 2.2.2 和 2.2.3 步骤完成 rs1229984 和 rs671 位点的基因型检测。

#### 2.2.5 数据分析

学生在课堂上完成 rs1229984 和 rs671 位点的基因型检测。获取基因型数据后,首先由学生根据自身情况进行“喝酒脸红”表型分析,之后教师将各班级参与实验的所有学生(总共 238 人)的基因型数据汇总,指导学生进行简单的群体分析,分别计算出 rs1229984 和 rs671 各基因型在实验人群中的分布频率,进一步推算出不同等位基因的人群频率,然后利用美国国家生物技术信息中心网站的 dbSNP 数据库(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/>)进行单核苷酸多态性(single nucleotide polymorphism, SNP)分析,

获取东亚人群中该两个位点的等位基因频率(数据来源于千人基因组计划第 3 期数据库[1000 Genomes Project phase 3]), 与实验数据相互验证。

获得家系样本的基因型数据后, 教师以匿名的方式将数据公布给所有学生, 指导其进行简单的家系分析, 根据基因型情况对家系成员“喝酒是否脸红”进行推断或预测, 并与实际的情况(志愿者提供的各成员表型描述)相互对应。

### 2.2.6 教学延伸与拓展

教师进一步从多个维度对教学内容进行深入延伸与拓展, 带领学生探寻“等位基因在不同人群中的频率差异”, 揭示世界主要人群中遗传多样性的奥秘; 引导学生思考“脸红的多因素影响”, 让学生理解表型特征常常由多种遗传与环境因素共同塑造; 着重介绍“喝酒的坏处”, 从医学角度阐述酒精对人体健康的负面影响, 引导学生养成健康的生活习惯; 进一步从“喝酒脸红”延伸至其他非疾病性状的基因检测项目, 如“天赋基因”检测、健康风险检测等, 引入遗传信息的隐私性与安全性等颇具社会争议的热点话题, 通过案例分析、小组讨论等方式, 帮助学生树立正确的生命伦理观念。

## 3 课堂教学实践效果

### 3.1 学生实验结果

#### 3.1.1 基因型检测结果与群体分析

图 1 为 *ADH1B* rs1229984 和 *ALDH2* rs671 的基因型检测结果(以一个班级为例, 该班参与实验的学生人数为 40 人)。

将所有参与本实验的学生的基因型数据汇总, 统计结果显示, rs1229984 位点 3 种基因型的频率分别为 0.50(T/T)、0.40(C/T)和 0.097(C/C), 经计算, 等位基因 C 的频率约为 0.31, 等位基因 T 的频率约为 0.71, 与 dbSNP 数据库中的频率(C=0.31; T=0.69)一致(表 1); rs671 位点 3 种基因型的频率分别为 0.68(G/G)、0.32(A/G)和 0.028(A/A), 等位基因 A 的频率约为 0.17, 等位基因 G 的频率约为 0.82, 与 dbSNP 数据库中的频率(A=0.18; G=0.82)一致(表 2)。进一步比较其他人群 rs1229984 和 rs671 的最小等位基因频率(minor allele frequency, MAF), 结果提示, 这两个位点在南亚、非洲、欧洲、美洲人群中的 MAF 均较低, 特别是 rs671 等位基因 A, 可认为是“专属于”东亚人群的特殊基因(表 3)。

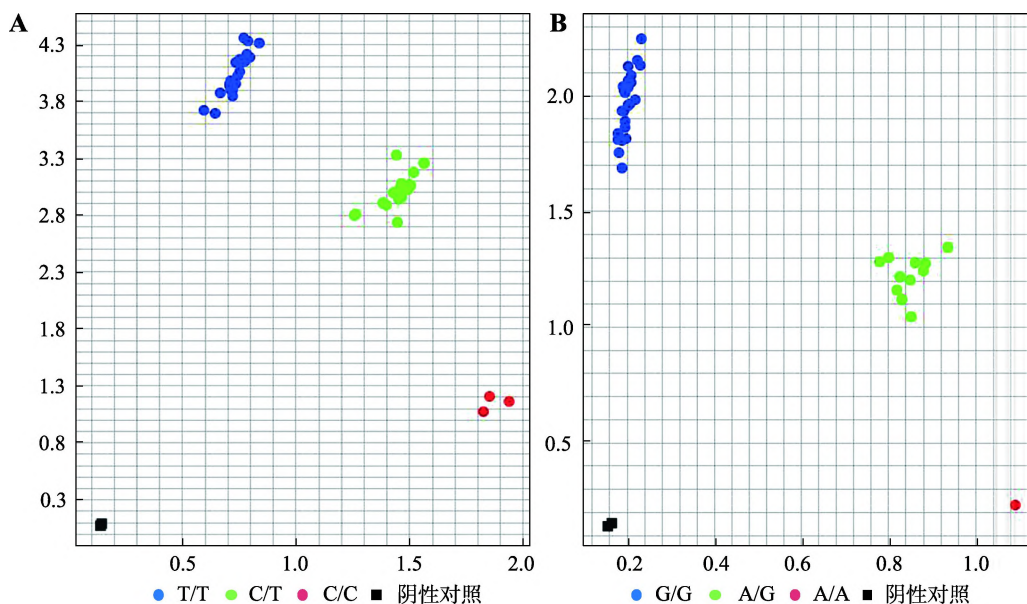


图 1 SNP 分型散点图示例

Fig. 1 Example of allelic discrimination plot

A: rs1229984 位点等位基因分型图; B: rs671 位点等位基因分型图。

表 1 rs1229984 位点各基因型及等位基因频率

Table 1 The frequencies of genotypes and alleles of rs1229984

基因/基因型	人数	频率*
T/T	114	0.50
C/T	91	0.40
C/C	22	0.097
T	/	0.71
C	/	0.31

\*参与本实验的学生人数为 238 人，剔除基因组提取失败、基因检测失败的样本后，该基因位点分型成功的总人数为 227 人。

表 2 rs671 位点各基因型及等位基因频率

Table 2 The frequencies of genotypes and alleles of rs671

基因/基因型	人数	频率*
G/G	146	0.68
A/G	68	0.32
A/A	6	0.028
G	/	0.82
A	/	0.17

\*参与本实验的学生人数为 238 人，剔除基因组提取失败、基因检测失败的样本后，该基因位点分型成功的总人数为 215 人。

表 3 在世界主要人群中比较 rs1229984 和 rs671 位点的最小等位基因频率\*

Table 3 Comparison of minor allele frequency among major world population

位点	东亚人群	南亚人群	非洲人群	欧洲人群	美洲人群
rs1229984	0.31	0.024	0.0011	0.029	0.060
rs671	0.18	0	0.00060	0	0.0030

\*数据来源于千人基因组计划第 3 期数据库。

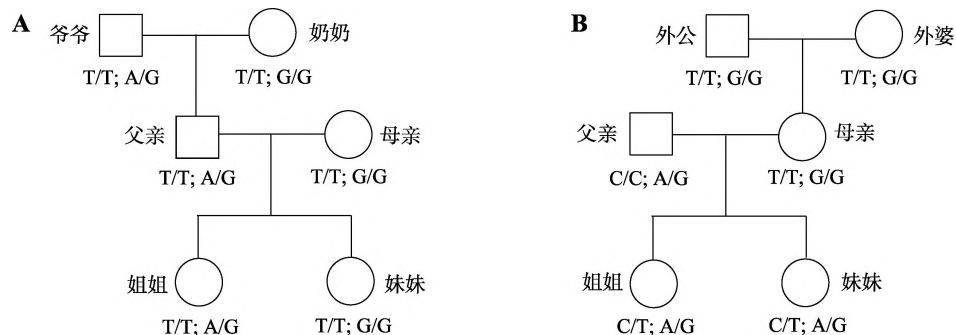


图 2 学生志愿者家系图

Fig. 2 Pedigree charts of student volunteers

A: 家系 1; B: 家系 2。

### 3.1.2 学生志愿者家系分析

根据匿名自愿报名、知情同意的原则，本实验向学生志愿者征集了两组三代直系亲属的家系样本，由教师指导学生对该两组样本进行了简单的家系分析(图 2)。

家系 1 中爷爷表现出“喝酒脸红”的表型，经检测发现其 rs671 位点的基因型为杂合型 A/G，等位基因 A 传递给父亲和姐姐，两人同样表现出“喝酒脸红”的现象，而携带 rs671 纯合型 G/G 的奶奶和母亲，均不具有“喝酒脸红”的表型。根据基因型情况对妹妹的表型进行预测，携带 rs671 纯合型 G/G 的妹妹应同样不具有“喝酒脸红”的表型。

家系 2 中，父亲同时为 rs1229984 位点纯合型 C/C、rs671 位点杂合型 A/G 的携带者，日常饮酒时表现出酒精过敏、脸红等表型，酒量极差，将 rs1229984 等位基因 C、rs671 等位基因 A 传递给下一代，姐姐表现出相似的现象，而具有 rs1229984 纯合型 T/T、rs671 纯合型 G/G 的外公、外婆和母亲日常饮酒不具有上述表现，酒量较好。经表型预测，与姐姐具有相同基因型(rs1229984 杂合型 C/T、rs671 杂合型 A/G)的妹妹应表现出与父亲和姐姐相似的表型。

## 3.2 教学反馈与反思

### 3.2.1 学生问卷调查

经两次课堂教学实践之后，笔者通过问卷调查的形式，针对学生(2023 年 111 位，2024 年 112 位)对实验的满意度、相关知识的掌握程度、本实验开

设的意义等问题分别进行了调查与评估,同时收集了学生针对该实验所反馈的意见与建议。调查结果提示(图 3),两次课堂教学之后,学生均对“喝酒脸红”背后的遗传学理论知识、基因检测相关伦理知识等有了更好地理解 and 掌握,且随着教学经验的积累,2024 年展现出更好的教学效果,有 93% 的学生表示通过这次的学习加深了对基因检测背后所涉及的伦理问题的思考,99% 的学生加深了对《赫尔辛基宣言》的理解。绝大部分学生对本实验的开设给出正面评价,相较于 2023 年的调查结果,2024 年表示喜欢本实验的学生所占比例从 97% 增至 100%,对实验意义给予肯定的学生比例从 79% 增至 95%。针对以“喝酒脸红”为代表的非疾病性状基因检测的实际意义与是否应被允许推广,两次调查的平均结果显示,约 72% 的学生表达了相对肯定的意见,59% 的学生倾向于允许该类检测推广,而另有 28% 的学生对该类检测持有相对否定的意见,41% 的学生对此类检测的推广持怀疑态度。

课后,教师从“基因技术的安全性”“疾病易感基因检测的利与弊”“消费级基因检测的利与弊”“遗传信息隐私的保护”等几个方面,通过思考题的形式引导学生针对基因检测的安全及伦理问题进行更深入思考,绝大部分学生给出了具备科学性、批判性、严谨而务实的答案,并围绕该主题进一步发散思维,从“必要性评估”“实验规范管理”“信息隐

私管理”等方面给出了有参考价值的建议。学生也为本实验的设计提供了很好的意见和建议,如建议拓展不同领域基因检测案例的学习、尝试多种不同的基因检测技术方法等,为教师后续进一步优化实验方案、提高教学效果提供了有力的帮助。

### 3.2.2 教学效果分析

经过连续两年的本科课堂实践,“喝酒脸红”基因探秘案例取得了很好的教学效果。本实验选取在社会上应用广泛的基因检测技术作为切入点,为遗传学理论联系实际寻找到了很好的突破口;以颇具争议的消费级基因检测为研究对象,不涉及疾病相关表型,既简化了样本采集的难度,更让学生有机会亲身参与,从而提高其学习和参与的热情,并由此引入生命伦理、基因信息隐私保护、遗传资源保护等相关教学内容,使学生在亲身实践过程中更好地学习到基因研究的操作规范;以 *ADH1B* rs1229984 和 *ALDH2* rs671 两个基因位点为分析案例,指导学生从表型分析、群体分析、家系分析等多角度进行深入挖掘,在强化遗传学理论知识学习的同时,培养学生从实际案例中发现问题并解决问题的能力,从而全面提升其科研能力与创新意识。该实验推行两年来,教学内容丰富、有趣、有层次,技术上简便易行,具有很好的可行性和较高的实际价值,获得了学生的高度评价,有利于该实验进一步推广。

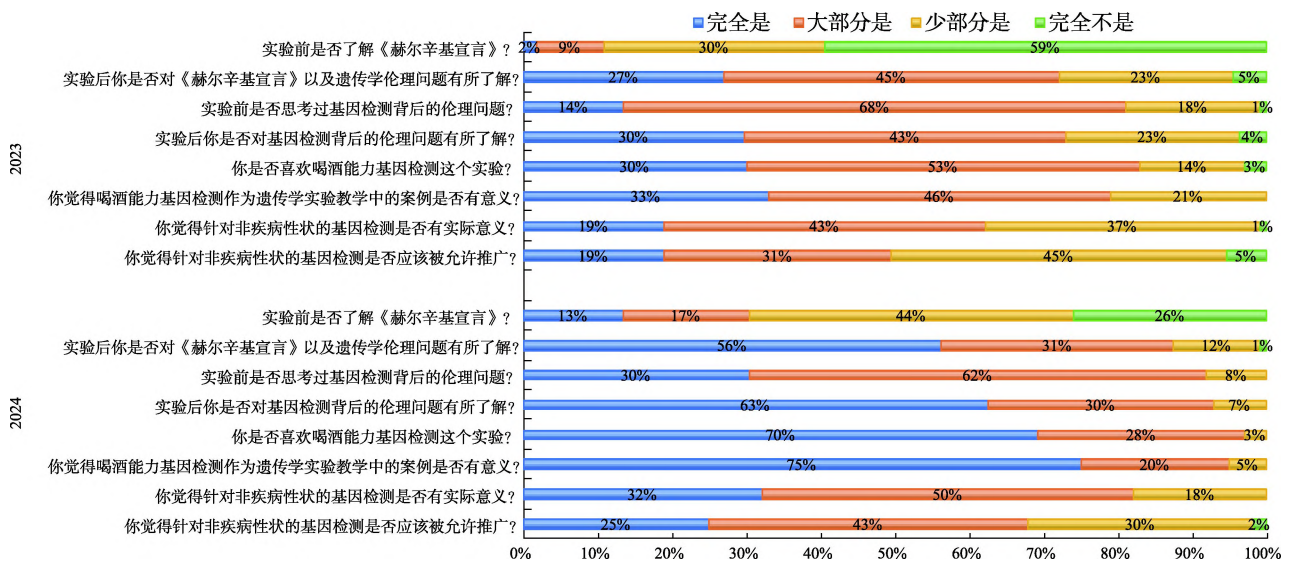


图 3 学生问卷调查结果统计

Fig. 3 Statistics of student questionnaire survey results

## 4 结语

随着基因技术的飞速发展，以遗传学为代表的生命科学各领域越来越广泛而深刻地影响着人类的生活，在传统的遗传学理论知识与实验操作的学习中引入贴近生活的教学案例，能够更好地激发学生的学习兴趣，通过对案例的精心设计与深度挖掘，引导学生透过“表象”（表型）探寻“本质”（基因）、以“小”（两个基因位点）见“大”（群体频率）、见“微”（父辈的表型）知“著”（预测后代的表型），并利用该案例进一步拓展至生命伦理、遗传信息与资源保护等领域，全面培养学生的科学思维能力与科学素养。未来将进一步探索遗传学实验理论联系实际生活的教学模式，紧跟科学与技术发展的步伐，帮助学生开阔视野，活学活用，培育出更多适应于当代社会发展需求的生命科学高素质人才。

## 参考文献(References):

- [1] Chen DF, Lu DR, Zhang FX, Zhang GF. The development of genetics teaching in China in the last four decades and its future prospect. *Hereditas(Beijing)*, 2018, 40(10): 916–932.  
陈德富, 卢大儒, 张飞雄, 张根发. 中国遗传学教学 40 年发展及展望. *遗传*, 2018, 40(10): 916–932.
- [2] 刘祖洞, 吴燕华, 乔守怡, 赵寿元. 《遗传学》(第 4 版). 北京: 高等教育出版社, 2021.
- [3] Jiang Q, Guan ZJ. Construction of teaching objectives and innovation of teaching design for the scientifically ethics education in the new era——taking the “bioethics” course at Shanghai Jiao Tong University as an example. *Biol Teach Univ (Electron Ed)*, 2023, 13(4): 7–12.  
蒋群, 关增建. 新时期科技伦理教育的教学目标构建与教学设计创新——以上海交通大学“生命伦理学”课程为例. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2023, 13(4): 7–12.
- [4] Jiang Q, Wang LY, Liang RB. Teaching practice and discussion of bioethics course in Shanghai Jiaotong University——cultivating students’ awareness of bioethics. *Biol Teach Univ (Electron Ed)*, 2022, 12(3): 3–7.  
蒋群, 王莲芸, 梁如冰. 上海交通大学生命伦理学课程的教学实践与探讨——以培养学生生命伦理意识为中心. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2022, 12(3): 3–7.
- [5] Wu YH, Lin J, Lu DR, Pi Y, Guo B, Qiao SY. Innovation of talent cultivation mode focusing on the idea of genetic analysis. *Biol Teach Univ (Electron Ed)*, 2018, 8(2): 16–19.  
吴燕华, 林娟, 卢大儒, 皮妍, 郭滨, 乔守怡. 以遗传学科学思想为核心, 创新人才培养模式. *高校生物学教学研究(电子版)*. 2018, 8(2): 16–19.
- [6] 王建. 关于在继续教育中实施案例教学的几点思考. *继续教育*, 1999, (5): 26–28.
- [7] Zhang M, Wang YY, Bai Y, Chen XD, Guo H. Investigation on the construction of teaching case base in medical genetics. *Hereditas(Beijing)*, 2024, 46(1): 78–87.  
张茂, 王艳艳, 白云, 陈雪丹, 郭洪. 医学遗传学教学案例库的建设探究. *遗传*, 2024, 46(1): 78–87.
- [8] Ma J, Huang LJ, Zhang QX, Zhu Y, Qian L. PBL teaching design of medical genetics with the case of brachydactyly type A2. *Hereditas(Beijing)*, 2023, 45(2): 176–183.  
马捷, 黄露杰, 张巧霞, 朱艳, 钱露. 以 A2 型短指(趾)症为案例的医学遗传学 PBL 教学设计. *遗传*, 2023, 45(2): 176–183.
- [9] Pi Y, Li XY, Huai C, Wang SM, Qiao SY, Lu DR. Exploration on human blood type case in teaching practice of genetics. *Hereditas(Beijing)*, 2013, 35(8): 1040–1044.  
皮妍, 李晓莹, 怀聪, 王诗铭, 乔守怡, 卢大儒. 以人类血型为遗传学案例教学的思考与实践. *遗传*, 2013, 35(8): 1040–1044.
- [10] Xu Q, Zhang Y, Chen Y, Wu XS, Li BC, Chen GH. Design and practice of the case study methodology throughout the “Animal Genetic Principles and Breeding Methods” course. *Hereditas(Beijing)*, 2019, 41(10): 974–978.  
徐琪, 张扬, 陈阳, 吴信生, 李碧春, 陈国宏. “动物遗传原理与育种方法”课程全程案例教学设计与实践. *遗传*, 2019, 41(10): 974–978.
- [11] Wang QM, Cui JG, Yu CZ, Zhang Z, Wu YL, Zhang LJ, Lin M. Application of case teaching in genetics courses to students majoring in forestry. *Hereditas(Beijing)*, 2017, 39(10): 939–946.  
王钦美, 崔建国, 于长志, 张智, 吴月亮, 张丽杰, 林梅. 案例教学在林学专业遗传学教学中的应用. *遗传*, 2017, 39(10): 939–946.
- [12] Im PK, Wright N, Yang L, Chan KH, Chen YP, Guo Y, Du HD, Yang XM, Avery D, Wang SJ, Yu CQ, Lv J, Clarke R, Chen JS, Collins R, Walters RG, Peto R, Li LM, Chen ZM, Millwood IY, China Kadoorie Biobank Collaborative Group. Alcohol consumption and risks of more than 200 diseases in Chinese men. *Nat Med*, 2023, 29(6): 1476–1486.
- [13] Chang TG, Yen TT, Wei CY, Hsiao TH, Chen IC. Impacts of *ADH1B* rs1229984 and *ALDH2* rs671 polymorphisms on risks of alcohol-related disorder and cancer. *Cancer Med*, 2023, 12(1): 747–759.

(责任编辑: 谢建平)