

生成式人工智能驱动的“性染色体上的基因传递与性别相关联”教学设计

吴金萍¹ 闫白洋^{2,*} (1 上海市吴淞中学 上海 200940; 2 上海市行知中学 上海 201999)

摘 要 以学生的真问题为驱动,以“人类等胎盘哺乳动物的性别决定”为探究主题,以“性反转”现象为载体,结合医学与生物学在基因层面的相关资料,运用人工智能开展生成式探究学习的课堂实践,探索提升学生科学思维能力、发展科学探究能力和深度参与社会议题的教学新形态。

关键词 人工智能 生成式探究学习 性别决定 基因

Design for generative AI-driven teaching of “gene transmission on sex chromosomes associated with gender”

WU Jinping¹, YAN Baiyang^{2,*}

(1 Shanghai Wusong High School, Shanghai 200940, China;

2 Shanghai Xingzhi High School, Shanghai 201999, China)

Abstract This article introduces a classroom inquiry practice driven by students' questions and centering on the theme of “sex determination in human eutherian mammals”, with the phenomenon of “sex reversal” as the vehicle. By combining relevant information at the genetic level from medicine and biology, we employ artificial intelligence to conduct generative inquiry-based learning in the classroom. The purpose is to explore new teaching forms that can enhance students' scientific thinking ability, develop their scientific inquiry skills, and encourage deep engagement with social issues.

Keywords artificial intelligence; generative inquiry-based learning; sex determination; gene

ChatGPT、讯飞星火等生成式人工智能(AI-generated content,以下简称 AIGC)的相继出现改变了学生获取信息的方式,学生在解决问题或完成任务时,可以利用 AIGC 查询相关的资料,大大提高了问题解决的效率,但是,也存在着对信息正确性进行识别和判断的问题。如何在课堂中利用 AIGC 进行探究和实践成为教育改革的重要方向之一。本文以“性染色体上的基因传递与性别相关联”为例,探索 AIGC 融入课堂

和合作学习动力,同时通过知识竞赛,检测学生的学习结果。

4 教学反思

本节课应用拼图法,以培养学生进行自主、合作学习作为出发点和落脚点,能较好地调动起学生学习的积极性。在交流合作中,培养学生基于证据和逻辑,清晰地论证和表达观点的能力,从而达到课程标准对于学生基于证据进行推理判断的科学思维的培养要求,同时为解释“适应和物种的形成”打下基础。

在课后调研问卷中 96.5% 的学生对拼图阅读的学习方式表示支持,认为此种学习方式能够较好地调动

教学的实践,为一线教师提供参考。

1 教学内容分析及设计思路

本节课是沪科版高中生物学教材必修 2《遗传与进化》第 2 章第 3 节的内容,整节课的设计思路是利用黎加厚教授提出的“生成式探究学习模型”进行教学,该模型包括:激发、任务、对话、迁移、结论和评价共六个环节^[1]。学生通过 AIGC 了解有关性别决定的原理,并以学生问题为驱动,激发学生兴趣,以“在基因层

参与学习的积极性,培养自主学习能力,组间的竞赛也能够很好地激发团队合作的意愿。但也有学生提出一些改进建议,如知识输出环节时间还可适当延长,使每一位专家都能够充分表达等。

(基金项目:北京市教育科学“十四五”规划 2021 年度一般课题“基于深度学习的高中生物学大单元教学实施策略研究”,No. CDDB21328)

主要参考文献

[1] 王 铭. 第四代拼图法在小学英语阅读教学中的应用[D]. 重庆:重庆师范大学,2016: 9-10. ◀

面探究人类等胎盘哺乳动物的性别决定机制”为任务，迁移到新情境中解决问题，得出结论，对学习经历进行评价(图 1)。

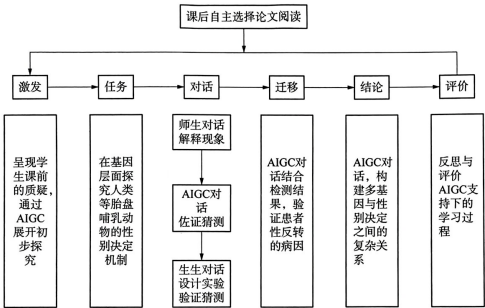


图 1 教学流程示意图

2 教学目标

基于课程标准的内容要求、学业要求及学业质量，并围绕培养学生核心素养的要求，制订了如下教学目标：

- (1) 通过对科研资料与医学资料的分析，构建遗传病常见预防措施的原理模型，并从多基因的角度论证人类等胎盘哺乳动物的性别决定机制，重点提升演绎与推理、模型与建模能力。
- (2) 通过对事实证据的分析，经历提出假设、检验假设、得出结论等过程，认同实验设计与生物学研究中的重要性，提升科学思维能力、发展科学探究能力。
- (3) 通过讨论社会性问题，树立正确对待人类遗传病的观念和社会责任，鼓励质疑精神，提升分析、解决实际问题的能力。

3 教学过程

3.1 激发与任务 教师呈现学生课前质疑：为什么性染色体同样为 XXY 的人类等哺乳动物与果蝇的性别不同？提示学生借助 AIGC 进行初步探究。学生整合 AIGC 的搜索结果，说出：人类的 Y 染色体上有 SRY 基因，有 SRY 基因才是男性，所以 XXY 的人类为男性；而果蝇的性别由 X 染色体条数和常染色体套数共同决定，所以有二条 X 染色体和二套常染色体的果蝇为雌果蝇。随后教师明确本节课任务：在基因层面探究人类等胎盘哺乳动物的性别决定机制。

设计意图：以课前质疑为驱动，通过整合 AIGC 的

搜索结果，初步自我解惑并形成“Y 染色体上的 SRY 基因决定人类性别”的结论；将探究从染色体层面自然深入到基因层面，展开基于学情的精准探究。

3.2 对话 教师介绍“性反转”现象：主要表现为患者性腺性别与性染色体性别不相符，临床分型主要包括男性反转(46, XX)和女性反转(46, XY)两类。请学生先根据哺乳动物性别决定的原理去推测“性反转”现象发生的原因，再利用 AIGC 探讨自己的猜测。学生在利用 AIGC 对话时，因为设问的问题不同，AIGC 给出了不同的答案。例如设问“性反转是什么？”时，AIGC 给出的答案框架是“染色体异常、基因突变、激素异常、环境因素等”，设问“如何解释男性反转(46, XX)和女性反转(46, XY)两类？”时，AIGC 给出的答案框架是“在 46, XX 男性反转的情况下，SRY 基因可能由于某种机制错误地出现在了 X 染色体上，导致本应发育为女性的个体表现出男性特征；在某些情况下，XY 个体可能因为 Y 染色体上的性别决定区域(如 SRY 基因)的缺失或功能异常，导致无法正常发育男性特征，从而表现出女性特征”。然后，引导学生合作设计方案证明或证伪 AIGC 答案的正确性，学生会提出“受精卵时期敲除 XY 小鼠的 SRY 基因或利用基因工程技术将 SRY 基因导入 XX 小鼠，观察小鼠性别”等，教师要对方案进行分析和反馈，并提供科学史资料“1990 年科学家发现性染色体为 XY 的雄性小鼠，如果 SRY 基因出现了关键碱基的突变，它们会长出卵巢而不是睾丸”^[2]，来证明结果。

设计意图:提供真实情境问题,引导学生利用 AIGC 人机对话查阅答案,并试图设计实验方案验证猜测,培养学生批判性思维能力和正确使用 AIGC 的能力,提升学生科学思维与科学探究能力。

3.3 迁移 出示来自吉林大学第一医院生殖中心 8 位男性不育且外生殖器发育不良的患者染色体核型检查结果:45+X 与 46+XX^[3]。追问:①你认为患者的 *SRY* 基因在哪里?②此 8 位男性不育患者发生了什么?③如何验证你的猜测?组织学生先组内讨论,再组间交流。学生一致认为 *SRY* 基因位于 X 染色体,由于父亲 Y 染色体的非同源区与 X 染色体发生易位引起。学生能够想到需要检测患者 X 染色体上是否有 *SRY* 基因,好几位学生基于自身兴趣或父母的医学背景,能够说出 PCR 扩增的基本原理,对于基因检测的原理,学生一筹莫展。教师顺势出示患者的 *SRY* 基因 PCR 检测结果(图 2 和图 3),提示关键词:PCR 扩增、紫外凝胶成像仪和荧光原位杂交检测,请学生利用 AIGC 展开人机对话,小组合作解决自身困惑。教师不再做任何提示,只是引导学生组间交流实验原理与检测结果分析,追问:①检测结果符合你的预期吗?②8 位患者都需要做这两个检测吗?学生对图 2 检测结果进行解读时,发现有 2 位患者没有 *SRY* 基因,实验结果并非完全符合预期,自主提出可能还有其他基因参与性别决定,为后续迁移探究学习做铺垫。学生在分析图 3 结果时发现:患者的 *SRY* 基因可以在 X 染色体上,也可以在常染色体上,自主发现 Y 染色体既可能与 X 染色体实现易位,也可能与常染色体实现易位。

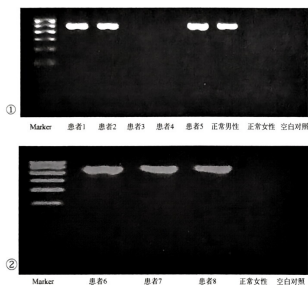
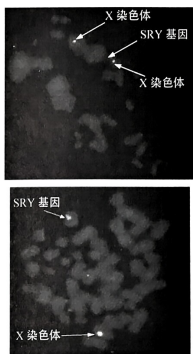


图 2 8 位患者的 *SRY* 基因 PCR 扩增电泳图^[3]

设计意图:追问中呈现已知、暴露未知,教师不做纠正,而是呈现患者的检测结果、提示关键词,充分调

动学生已有资源与好奇心。学生在运用 AIGC 展开人机对话的过程中解答自身困惑、生成新的探究需要,善认知结构。



注:X 染色体标记为绿色,*SRY* 基因标记为红色。

图 3 两位患者的 *SRY* 基因荧光原位杂交图^[3]

3.4 结论 请学生先根据事实证据利用 AIGC 拟自己的猜测。学生在利用 AIGC 对话时,因为设问问题不同,AIGC 再次给出了不同的答案。例如设问“人类的性别决定由多对等位基因共同决定吗”时 AIGC 给出的答案框架是“否,仅由性染色体组合决定”,设问“目前科学研究发现了哪些与人类性别决定相关的基因”,AIGC 给出的答案框架是“是,人类的性别决定是一个涉及多个基因和复杂相互作用的调控网络”。教师追问学生:面对 AIGC 自相矛盾的答案,该怎么办?学生主动提出:对于科学问题,科学家一手资料更具可信度,教师提供部分科研事实,引导学生根据科研资料,结合 AIGC 对话,构建模型来探究问题的答案,学生建模结果如图 4。教师先请学生根据今日探究所学,精炼新主张;再呈现两名无 *SRY* 基因患者的 *RSPO1* 基因和 *WNT4* 基因检测结果:这两种基因均未发生突变,请学生解释可能原因后补充:是否如学们的猜测,还存在其他与性别决定相关的非等位基因;这些非等位基因之间是否存在更多相互调节关系有待人类的进一步探究。最后推荐 2018 年和 2022 年的两篇具有世界影响力的科研论文,供意犹未尽的学生自主阅读。

相关科研资料如下:

SOX9 基因(位于 17 号染色体):在 *SRY* 不存在的情况下,若 *SOX9* 在雌性小鼠未分化性腺中过度表达,足以引发苗勒氏管抑制物表达,并使雌性小鼠长出睾丸。

RSPO1 基因(位于 1 号染色体):当 *SRY* 基因存在时,*RSPO1* 基因的表达将受到抑制,导致 *SOX9* 基因表达的增强,从而使睾丸发育。通过实验敲除雌鼠 *RSPO1* 基因,实验对象长出睾丸。

WNT4 基因(位于 11 号染色体):*WNT4* 通过抑制男性性分化、促进苗勒氏管分化和维持卵母细胞健康,在卵巢决定通路中发挥重要功能。通过实验敲除雌鼠 *WNT4* 基因,由于缺少 *WNT4* 基因的抑制,依然可使 *SOX9* 基因的表达量促进原始性腺向睾丸方向分化。

NR5A1 基因(位于 9 号染色体):在 *NR5A1* 基因敲除的 XY 雄鼠中,性腺在胚胎期退化直至完全消失,退化的性腺中未检测到 *SRY* 基因的表达。医学中有报道

过一例女性 46, XY 病例,该患者 *SRY* 基因无异常,但在 9 号染色体某处发生连同 *NR5A1* 基因在内的 7Mb 的缺失。

DAX1 基因(位于 X 染色体):*DAX1* 多拷贝基因转入到 XX, *SRY*+/+ 的小鼠中,将阻止这些小鼠向雄性转化,使其保持雌性。

设计意图:在真实情境问题中引导学生继续利用 AIGC 人机对话查阅答案,培养学生批判性思维能力;运用科研一手资料,参考 AIGC 对话结果,构建性别决定的模型,形成“人类等胎盘哺乳动物的性别决定是多基因参与的有序协调过程”的概念,培养学生模型与建模、推理与演绎的科学思维能力。通过对两名无 *SRY* 基因患者的分析,形成科学在论证中产生必将在论证中继续发展的观点。保留部分近期刊研资料,推荐给有需要的学生自主学习,课后再做个性化交流。

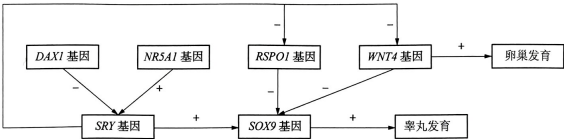


图 4 AIGC 人机对话结合、与科学家对话后生成的性别决定机制

3.5 评价 先组织学生小组讨论,出示量表(表 1),引导学生反思在“生成式探究学习模型”进行“在基因层面探究人类等胎盘哺乳动物的性别决定机制”学习中的表现,并进行自我评价和交流。

表 1 评价量表

序号	评价内容
1	我能从 AIGC 的对话中获得相关的信息
2	为探究 AIGC 对话的正确性,我设计了合理的实验方案
3	在迁移中,我能通过小组合作解决教师提出的问题
4	我能利用 AIGC 和教师提供的资料构建正确的模型
5	我能在基因层面阐述人类等胎盘哺乳动物的性别决定机制
6	我能利用所学内容结合 AIGC 解释新情境中的问题
7	我能初步掌握利用 AIGC 解决问题的方法

设计意图:引导学生对学习过程进行反思,尤其是在 AIGC 支持下,如何进行自主探究生物学相关问题,

提高自主学习能力。

4 教学反思

AIGC 的出现使学生不再局限于被动分析教师提供的资料,为学生探究活动提供支持,可以有效拓展学生在课堂内外基于主题的探究范围。但是 AIGC 对话中经常出现错误的答案,如何设计方案进行验证是 AIGC 赋能课堂的重要方式之一。本文利用的是黎加厚教授提出的“生成式探究学习模型”,初步探讨了激发、任务、对话、迁移、结论和评价六个环节在常态化课堂的应用,为 AIGC 赋能课堂教学提供教学案例。

(基金项目:上海市 2024 年度一般课题“指向科技创新拔尖人才早期培养的高中生物学课程资源开发与实施研究”,No. C2024249; * 通信作者)

主要参考文献

[1] 黎加厚.生成式人工智能对课程教材教法的影响[J].课程·教材·教法,2024,44(2):14.
[2] DE LA CHAPPELLE A, HORTLING H, NIEMI M, et al. XX sex chromosomes in a human male: First case [J]. Acta Medica Scandinavica, 1964(412): 25-38.
[3] 彭迪.45, X 及 46, XX 性别分化异常男性患者遗传学病因研究[D].长春:吉林大学;2016.◇