Research in Biology Education

https://Bioedu.cfu.ac.ir

The Effect of Reviewing Chemical Bonding Prerequisites on Learning Protein Structure: A Quasi-Experimental Study Comparing Gifted and Regular High-School Students

Elham Ghasemloo [1*], ***Simin Zirak*** [2]

[1] *Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran*
[2] *Biology Teacher, Tabriz, Iran*
* Corresponding author: (e.ghasemlou@cfu.ac.ir)

ABSTRACT

Background and Objectives: Learning protein structures in biology requires a solid comprehension of chemical bonds. This study investigated the effect of reviewing chemical bond prerequisites on learning protein structures, comparing students in gifted (SAMPAD) and ordinary public schools. **Methods:** A quasi-experimental pretest-posttest design with a 2×2 factorial structure and non-equivalent groups was employed. The sample comprised 58 twelfth-grade female biology students (30 gifted, 28 ordinary) selected through purposive sampling. The researcher-made learning test comprised 15 multiple-choice and 5 essay questions. Content Validity Ratio (CVR = 0.78), Content Validity Index (CVI = 0.85), and internal consistency (Cronbach's α = 0.82) confirmed instrument validity and reliability. Experimental groups received a 60-minute prerequisite chemical bond review. Data were analyzed using two-way ANCOVA and Bonferroni post-hoc tests on adjusted means after confirming baseline equivalence within school tiers**. Findings:** The covariate (pretest) significantly predicted posttest scores ($F(1, 53) = 55.20$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.516$). Main effects of school type ($F(1, 53) = 41.28$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.443$) and prerequisite review ($F(1, 53) = 22.41$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.305$), as well as their interaction effect ($F(1, 53) = 7.96$, $p = 0.007$, $\eta^2 = 0.133$), were statistically significant. Bonferroni tests indicated that the intervention significantly enhanced learning in the ordinary school (mean difference = 2.79, $p < 0.01$), whereas the gain in the gifted school was not statistically significant (mean difference = 0.84, $p = 0.12$). Crucially, the intervention substantially narrowed the achievement gap between the two school types. **Conclusion:** Prerequisite review acts as an indispensable cognitive scaffold, particularly in mitigating educational disparities in regular schools.

Keywords: Prior Knowledge, Chemical Bonds, Protein Structure, Biology Education, Conceptual Change

RESEARCH ARTICLE

Received: 17 June 2026
Revised: 11 September 2026
Accepted: 13 September 2026
Published online: 22 September 2026
ISSN (Online): 2717-2252

Citation: Ghasemloo, Elham; Zirak, Simin. (2026). The Effect of Reviewing Chemical Bonding Prerequisites on Learning Protein Structure: A Quasi-Experimental Study Comparing Gifted and Regular High-School Students. *Research in Biology Education*, 6(1), 60-74.
The author(s), Elham, Ghasemloo; Simin, Zirak .
Publisher: Farhangian University

پژوهش در آموزش زیست‌شناسی، سال ۱۴۰۵ ، شماره ۱ ، صفحات ۷۴-۶۰

پژوهش در آموزش زیست شناسی

https://Bioedu.cfu.ac.ir

تأثیر مرور پیش نیازهای پیوندهای شیمیایی بر یادگیری ساختار پروتئین‌ها: یک مطالعه شبه آزمایشی با مقایسه دانش آموزان مدارس استعدادهای درخشان و عادی

الهام قاسملو [۱،*]، سیمین زیرک [۲]

۱. گروه آموزش زی‌ست شناسی، دانشگاه فرهنگی‌ان،تهران، ای‌ران

۲. دبیر زیست شناسی، تبریز، ایران

* نویسنده مسئول: (ghasemlou@cfu.ac.ir)

چکیده

پیشینه و اهداف: یادگیری ساختار پروتئین‌ها مستلزم پیوند مفاهیم زیستی با دانش پایه شیمی است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر مرور پیش‌نیازهای پیوندهای شیمیایی بر یادگیری ساختار پروتئین‌ها و مقایسه این تأثیر در دو مدرسه با شرایط آموزشی متفاوت انجام شد. **روش‌ها:** طرح پژوهش، شبه آزمایشی از نوع پیش آزمون ـ پس آزمون با ساختار عاملی ۲×۲ و گروه های غیرتصادفی بود. نمونه شامل ۵۸ دانش آموز پایه دوازدهم رشته تجربی بود که به روش نمونه گیری در دسترس از یک مدرسه استعدادهای درخشان (۳۰ نفر) و یک مدرسه دولتی عادی (۲۸نفر) انتخاب و در چهار گروه ۱۴ تا ۱۵ نفری قرار گرفتند. ابزار، آزمون محقق ساخته ۲۰ سؤالی (۱۲ تشریحی و ۸ چهارگزینه ای در سطوح بازخوانی، کاربرد و تحلیل) بود؛ نسبت روایی محتوا (CVR) آن ۰/۷۸، شاخص روایی محتوا (CVI) آن ۰/۸۵ (تأیید ۱۰ متخصص) و آلفای کرونباخ آن ۰/۸۲ بود. داده ها با آزمون شاپیرو–ویلک، لون و تحلیل کوواریانس تحلیل شدند. **یافته‌ها:** اثر اصلی نوع مدرسه معنادار بود ($F(1,53) = 41/28$؛ $p < 0/001$؛ $\eta p^2 = 0/443$)؛ اثر اصلی مرور نیز معنادار بود($F(1,53) = 22/41$؛ $p < 0/001$؛ $\eta p^2 = 0/305$) و اثر تعامل نوع مدرسه × مرور معنادار بود($F(1,53) = 7/96$؛ $p <$ ۰/۰۱؛ ηp^2 = ۱۳۳/۰). مقایسه های زوجی بر اساس میانگین های تعدیل شده نشان داد مرور در مدرسه عادی بهبود معنادار ایجاد کرد (اختلاف میانگین تعدیل شده = ۷۹/۲؛ $p <$ ۰/۰۱) اما در مدرسه استعدادهای درخشان معنادار نبود (۰/۸۴؛ p = ۱۲/۰).

نتیجه‌گیری: مرور هدفمند پیش‌نیازهای پیوندهای شیمیایی یادگیری ساختار پروتئین‌ها را بهبود می‌دهد؛ این اثر در مدارس عادی سودمندتر است و می‌تواند بخشی از شکاف یادگیری میان دو بافت آموزشی را جبران کند.

واژه‌های کلیدی: پیش دانسته ها، پیوندهای شیمیایی، ساختار پروتئین، یادگیری زیست شناسی، تغییر مفهومی.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۲

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۲-۲۷۱۷

ارجاع: قاسملو، الهام، زیرک، سیمین (۱۴۰۵). تأثیر مرور پیش نیازهای پیوندهای شیمیایی بر یادگیری ساختار پروتئین‌ها: یک مطالعه شبه آزمایشی با مقایسه دانش آموزان مدارس استعدادهای درخشان و عادی. پژوهش در آموزش زیست شناسی، (۱)۶، ۷۴-۶۰

نویسندگان. الهام قاسملو، سیمین زیرک

ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

اهمیت پیوند زیست-شیمی در آموزش پروتئین:

چرا بسیاری از دانش‌آموزان با وجود آموزش رسمی، در فهم ساختار پروتئین‌ها دچار مشکل می‌شوند؟ پاسخ احتمالی در ضعف دانش پایه شیمی آنان نهفته است. زیست‌شناسی به عنوان دانشی که به تبیین پدیده‌های حیات از سطح مولکولی تا سطح اندامگان می‌پردازد، نیازمند درک پیوندهای عمیق میان مفاهیم زیستی و شیمیایی است (Moghaddasi, 2016; Samadi, 2019). بسیاری از مباحث کلیدی این درس مانند ساختار و عملکرد پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و متابولیسم سلولی بر مفاهیم پایه شیمی نظیر انواع پیوند شیمیایی، قطبیت و ویژگی‌های اسیدهای آمینه استوارند. هرگونه ضعف در دانش پایه شیمی می‌تواند یادگیری این موضوع را به سطحی حفظی، پراکنده و ناپایدار تقلیل دهد (Miri & Samir, 2024; Rabbani-Far & Arab, 2024).

مبانی نظری: ساخت‌گرایی و پیشرفت مفهومی:

از منظر ساخت‌گرایی، یادگیری زمانی به صورت معنادار رخ می‌دهد که فراگیر بتواند اطلاعات جدید را در تعامل با دانسته‌های پیشین خود سازمان‌دهی و بازسازی کند. در آموزش علوم زیستی، پیوند منسجم میان لایه‌های شناختی و پیش‌نیازهای محتوایی، هدایت‌کننده ادراک عمیق مفهومی است (Luft et al., 2022).در این چارچوب، مفهوم «پیشرفت مفهومی» تبیین می‌کند که یادگیری مفاهیم پیچیده زیستی زمانی پایدار می‌شود که بر مفاهیم ساده‌تر شیمیایی بنا شود (Barahooi Moghaddam, 2021; Chiappetta, 2009).بر این اساس، یادگیری ساختار پروتئین‌ها یک مسیر مفهومی است که از درک پیوندهای شیمیایی و نیروهای بین مولکولی آغازشده و به فهم برهم‌کنش‌های اسیدهای آمینه و ساختارهای فضایی پروتئین می‌انجامد (Rabbani-Far & Arab, 2024) ؛فرایندی که با درک بصری ساختارهای سه بعدی و یادگیری عمیق پیوندی ناگسستنی دارد (Alavian, 2020; Mirshkari et al., 2023).

مرور پژوهش‌های مرتبط با فعال‌سازی پیش دانسته در علوم زیستی:

پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند روش‌های فعال تدریس بر یادگیری علوم اثر مثبت دارند (Christopoulos et al., 2023; Gholami et al., 2023; Hatamiabad Shapouri et al., 2023; Mirsafi, 2022) ؛با این حال، این مطالعات عمدتاً به روش‌های تدریس عمومی پرداخته‌اند و نه مرور هدفمند پیش دانسته‌های شیمیایی. در آموزش علوم تجربی، فعال‌سازی و اصلاح پیش دانسته‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش بدفهمی‌ها و تسهیل درک ماهیت پدیده‌های مولکولی ایفا می‌کند (Miri & Samir, 2024; Moradi & Oli, 2024).

نقش بافت مدرسه به عنوان متغیر تعدیل گر:

شواهد پژوهشی نشان می‌دهد اثربخشی مداخلات آموزشی در بافت‌های آموزشی متفاوت یکسان نیست؛ سطح ورودی و پیش دانسته‌های دانش‌آموزان و کیفیت آموزشی مدرسه می‌تواند رابطه میان مداخله و یادگیری را تعدیل کند، به این معنا که یک راهبرد واحد در مدارس با شرایط متفاوت اثر یکسانی نخواهد داشت (Brahui Moghadam, 2021).با این حال، مطالعات اندکی این تعدیل گری را به صورت تجربی در محتوای علوم زیستی آزموده‌اند.

شکاف پژوهشی، هدف و افزودگی پژوهش:

با وجود پذیرش نظری نقش پیش دانسته‌ها، پژوهشی که به طور مستقیم اثر مرور هدفمند پیش‌نیازهای پیوندهای شیمیایی را بر یادگیری ساختار پروتئین‌ها بسنجد و این اثر را در دو بافت آموزشی متفاوت مقایسه کند، یافت نشد. افزودگی پژوهش حاضر در دو جهت است: نخست، سنجش تجربی اثر یک مداخله مرور مشخص (نه یک روش تدریس کلی) بر یک مبحث پیوندی زیست–شیمی؛ و دوم، آزمون تجربی تعدیل گری بافت مدرسه (استعدادهای درخشان در برابر عادی) که در مطالعات پیشین مغفول مانده است. بر این اساس، پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر مرور پیش‌نیازهای پیوندهای شیمیایی بر یادگیری ساختار پروتئین ها و مقایسه این تأثیر در دو مدرسه با شرایط آموزشی متفاوت انجام شده است.

پیشینه پژوهش

درک ساختار و عملکرد پروتئین‌ها از مهم‌ترین و در عین حال چالش‌برانگیزترین اهداف آموزش زیست‌شناسی در دوره متوسطه است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بدون تسلط و شناخت کافی بر مفاهیم پایه شیمی—از جمله انواع پیوندهای شیمیایی، قطبیت و نیروهای بین‌مولکولی—یادگیری این مبحث دچار اختلال شده و دانش‌آموزان به جای درک روابط علّی و مفهومی، به حفظ سطحی اصطلاحات روی می‌آورند (Chiappetta, 2009; Cimer, 2012).این چالش در برنامه درسی زیست‌شناسی کشور نیز به دلیل پیوستگی ناکافی میان کتاب‌های درسی شیمی و زیست‌شناسی مشهود است (Moghaddasi, 2016; Samadi, 2019).

بر اساس مبانی سازنده‌گرایی، هر یادگیری معنادار و جدید بر پایه‌های ساختار شناختی قبلی شکل می‌گیرد و وجود نقص، خلأ یا بدفهمی در این پایه می‌تواند زنجیره ادراک مفاهیم بعدی را با مانع روبه‌رو سازد (Samadi, 2019).در آموزش مبحث پروتئین‌ها، رویکرد پیشرفت مفهومی نشان می‌دهد که درک سازمان‌یافتگی ساختارهای دوم، سوم و چهارم مستلزم تثبیت قبلی مفهوم پیوندهای شیمیایی در ذهن فراگیر است؛ نقصی که براهویی مقدم (۱۴۰۰) نیز در شناسایی دشواری‌های یادگیری زیست‌شناسی، ریشه آن را در ضعف مفاهیم بنیادی دانش‌آموزان دانسته است.

مطالعات پیشین در حوزه آموزش علوم، اهمیت تقویت آمادگی‌های شناختی را تأیید کرده‌اند (Moradi & Oli, 2024; Rabbani-Far & Arab, 2024).هرچند پژوهش‌های متعددی اثرات مثبت رویکردهای فعال آموزشی را بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان نشان داده‌اند (Christopoulos et al, 2023; Hatamiabad Shapouri et al, 2023; and Mirsafi, 2022). اما تمرکز عمده این بررسی‌ها بر روش‌های کلی تدریس بوده و بررسی سازوکار اثر مداخلات اختصاصی و کوتاه‌مدتِ متمرکز بر پیش‌نیازهای موضوعی کمتر در کانون توجه قرار داشته است.

در مجموع، شواهد پیشینه نشان می‌دهد اگرچه نقش پیش‌دانسته‌ها و رویکردهای ساخت‌گرایانه در ادبیات علمی به رسمیت شناخته شده است، اما پژوهش‌های بسیار محدودی اثر مرور مستقیم و متمرکز پیوندهای شیمیایی را بر یادگیری ساختار پروتئین‌ها آزموده‌اند؛ علاوه بر این، بررسی میزان همگنی یا ناهمگنی این اثر در بافت‌های گوناگون آموزشی (مدارس با سطوح ورودی متفاوت) دارای خلأ پژوهشی آشکار است. پژوهش حاضر درصدد پاسخ‌گویی به این خلأ تجربی می‌باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر مرور پیش‌زمینه علمی دانش‌آموزان درباره پیوندهای شیمیایی بر یادگیری ساختار پروتئین‌ها، در دو مدرسه با شرایط آموزشی متفاوت (مدرسه استعدادهای درخشان و مدرسه دولتی عادی) انجام شد.این مطالعه از نوع شبه آزمایشی (Quasi-Experimental)با طرح پیش آزمون ـ پس آزمون با گروه‌های غیرتصادفی و ساختار عاملی ۲×۲ بود. دو متغیر مستقل، هر یک با دو سطح، عبارت بودند از: نوع مدرسه (استعدادهای درخشان / دولتی عادی) و مرور پیش‌نیازهای پیوندهای شیمیایی (با مرور / بدون مرور). تلاقی این دو متغیر، چهار گروه تشکیل داد: گروه A (سمپاد با مرور)، گروه B(سمپاد بدون مرور)، گروه C(عادی با مرور) و گروه D(عادی بدون مرور). از آنجا که انتساب به گروه‌ها تصادفی نبود، برای کنترل سوگیری‌های احتمالی، یک طرح درس استاندارد تدوین و توسط دبیر واحد بر اساس چک لیس تهای عملکردی در تمام گروه‌ها اجرا شد و نمرات پیش آزمون به عنوان متغیر هم‌پراش در تحلیل کنترل گردید.

جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان پایه دوازدهم رشته علوم تجربی در دو مدرسه (یک مدرسه استعدادهای درخشان و یک مدرسه دولتی عادی) بود که نمونه‌گیری به روش در دسترس انجام گرفت. با توجه به ساختار آموزشی، انتخاب نمونه‌ها در سطح کلاس انجام شد؛ به منظور کاهش سو گیری انتخاب، کلاس‌های هر مدرسه با برنامه هفتگی و دبیر واحد همسان‌سازی شده و در دو سطح مداخله به صورت متعادل توزیع گردیدند.

حجم کل نمونه ۵۸ نفر بود که شامل ۳۰ دانش‌آموز از مدرسه سمپاد (۱۵ نفر با مرور و ۱۵ نفر بدون مرور) و ۲۸ دانش‌آموز از مدرسه دولتی عادی (۱۴ نفر با مرور و ۱۴ نفر بدون مرور) می‌شد. توزیع فراوانی نمونه در جدول ۱ ارائه شده است. ملاک ورود، حضور کامل در تمام جلسات و ملاک خروج، غیبت در هر یک از جلسات مداخله یا آزمون‌ها بود. برای بررسی همگنی زمینه‌ای، گروه‌های هر مدرسه در متغیرهای جنسیت، معدل سال قبل و نمره درس شیمی مقایسه شدند و تفاوت معناداری مشاهده نشد.($p > 0/05$)

جدول ۱. توزیع فراوانی نمونه پژوهش به تفکیک گروه‌ها

نوع مدرسه	گروه با مرور پیش‌زمینه شیمی	گروه بدون مرور پیش‌زمینه شیمی	مجموع
سمپاد	۱۵ نفر	۱۵ نفر	۳۰ نفر
دولتی عادی	۱۴ نفر	۱۴ نفر	۲۸ نفر
مجموع	۲۹ نفر	۲۹ نفر	۵۸ نفر

ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، آزمون پژوهشگرساخته‌ای شامل ۲۰ سؤال (۱۲ سؤال تشریحی و ۸ سؤال چهارگزینه‌ای) بود که بر اساس دیدگاه ساخت‌گرایی و پیشرفت مفهومی، در سه سطح شناختی بازخوانی (Recall)، کاربرد (Application) و تحلیل (Analysis) با تأکید بر توانایی برقراری پیوند میان مفاهیم زیستی و شیمیایی طراحی شد. روایی محتوایی ابزار توسط ۱۰ متخصص حوزه آموزش علوم ارزیابی گردید که نسبت روایی محتوا (CVR=0/78) و شاخص روایی محتوا (CVI=0/85) هر دو بالاتر از حد آستانه استاندارد به دست آمد. همچنین پایایی آزمون از طریق اجرای مقدماتی بر روی یک نمونه آزمایشی و محاسبه ضریب آلفای کرونباخ (0/82) تأیید شد که بیانگر همسانی درونی مطلوب ابزار است. مشخصات تفصیلی این ابزار در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های روان‌سنجی و ساختار آزمون یادگیری ساختار پروتئین‌ها

شاخص‌های ابزار	مقادیر و توضیحات
نوع سوالات	چندگزینه‌ای و تشریحی (سطوح بازخوانی،کاربرد،تحلیل)
روایی محتوایی	CVR=0.78 / CVI=0.85 (تایید شده توسط ۱۰ متخصص)
پایایی(همسانی درونی)	آلفای کرونباخ = ۰,۸۲
روش نمره گذاری	بر اساس بارم بندی استاندارد سطوح شناختی بلوم
نرم افزار تحلیل	SPSS نسخه ۲۶

در خصوص فرایند اجرا و مداخله آموزشی، ابتدا پیش‌آزمونی برای اطمینان از همتایی اولیه گروه ها اجرا شد. نتایج آزمون t مستقل نشان داد که تفاوت معناداری میان نمرات پیش آزمون گروه با مرور و بدون مرور در مدرسه استعدادهای

درخشان (t(28)=0/62, p=۰/۵۴)و در مدرسه دولتی عادی (t(26)=0/71،۴۸/۰=p)وجود ندارد؛ از این‌رو، گروه ها در نقطه آغاز مداخله همتا بوده و تفاوت های پس آزمون ناشی از تفاوت های اولیه آنان نیست.

در گروه‌های مداخله، جلسه اول به مدت ۶۰ دقیقه به مرور مفاهیم کلیدی شیمی شامل یونش، قطبیت، الکترونگاتیوی و انواع پیوندهای شیمیایی اختصاص یافت که بر اساس چک لیست عملکردی و توسط دبیر واحد در هر دو مدرسه با کیفیتی همسان به اجرا درآمد. سپس طی سه جلسه ۹۰ دقیق ه‌ای، مبحث ساختار پروتئین ها تدریس شد؛ در حالی که گروه های مقایسه بدون مرور مقدماتی، در همان زمان به فعالیت درسی عادی خود مشغول بودند و مستقیماً آموزش مفاهیم زیست شناسی را دریافت کردند. برای اطمینان از عدم مرور مستقل و کنترل انتشار اثر، موضوع جلسه مرور در گروه های مقایسه اعلام نشد و بر اساس پرسش کوتاه کنترلی در پایان، هیچ یک از دانش آموزان این گروه ها مباحث شیمی را به صورت خودخوان مطالعه نکرده بودند. در تمام مراحل، محتوای آموزشی، مدرس و شرایط فیزیکی کلاس ها کاملاً یکسان نگاه داشته شد.

جهت تحلیل داده ها، از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و آمار استنباطی شامل تحلیل کوواریانس تک متغیری (ANCOVA) برای کنترل اثر نمرات پیش آزمون استفاده شد. پیش از اجرای تحلیل، مفروضه های آماری شامل نرمال بودن توزیع نمرات (آزمون شاپیرو–ویلک با مقادیر p بین0/08 تا 0/31)، همگنی واریانس خطای گروه ها (آزمون لوین)، همگنی شیب های رگرسیون و خطی بودن رابطه میان متغیر هم‌پراش (پیش آزمون) و متغیر وابسته (پس آزمون) در هر چهار گروه از طریق بررسی نمودار پراکنش باقیمانده ها تأیید گردید. همچنین مقایسه های زوجی تعقیبی بر اساس میانگین های تعدیل شده (Means Adjusted) و با اعمال اصلاح بونفرونی صورت پذیرفت. در بخش کیفی نیز پاسخ های تشریحی دانش آموزان به روش تحلیل محتوای استقرایی (Analysis Content Inductive) جهت شناسایی الگوهای فهم و کج فهمی های احتمالی واکاوی شد.

یافته‌ها

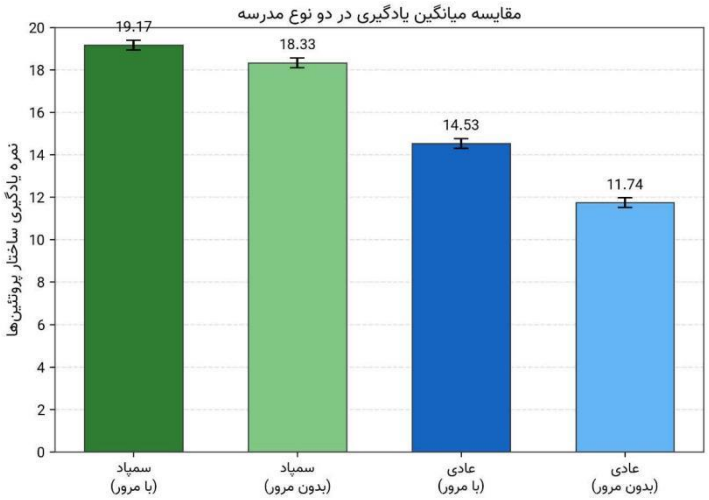
برای بررسی اثر نوع مدرسه و مرور پیش زمینه شیمیایی بر یادگیری ساختار پروتئین ها، با کنترل نمرات پیش آزمون، تحلیل کوواریانس (ANCOVA) انجام شد. پیش فرض های نرمال بودن توزیع داده ها، همگنی واریانس ها و همگنی شیب های رگرسیون بررسی شد و نتایج نشان داد که این پیش فرض ها برقرار هستند.

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس برای یادگیری ساختار پروتئین ها

منبع تغییرات	F	p	$^{2}\eta$	df	ss	MS
پیش آزمون	۵۵،۲۰	۰،۰۰۱>	۰،۵۱۶	1	33.43	33.43

منبع تغییرات	F	p	^{2}pη	df	ss	MS
نوع مدرسه	۴۱,۲۸	۰,۰۰۱>	۰,۴۴۳	1	27.63	27.63
مرور پیش زمینه شیمیایی	۲۲,۴۱	۰,۰۰۱>	۰,۳۰۵	1	18.95	18.95
تعامل نوع مدرسه × مرور پیش زمینه	۷,۹۶	۰,۰۱>	۰,۱۳۳	1	10.18	10.18
خطا	_	_	_	۵۳	۴۰,۷۱	0.768
کل	_	_	_	۵۷	۱۳۰,۹۰	_

نتایج نشان داد که اثر پیش آزمون به عنوان متغیر هم‌پراش معنادار بود. همچنین اثر اصلی نوع مدرسه معنادار بود؛ به طوری‌که دانش آموزان مدارس استعدادهای درخشان عملکرد بالاتری در یادگیری ساختار پروتئین ها داشتند. اثر اصلی مرور پیش زمینه شیمیایی نیز معنادار بود و نشان داد که این مداخله موجب بهبود یادگیری شده است. علاوه بر این، اثر تعاملی نوع مدرسه و مرور پیش زمینه نیز معنادار بود که بیانگر تفاوت اثر این مداخله در دو نوع مدرسه است.



شکل ۱. نمودار میانگین نمرات نهایی دانش‌آموزان در یادگیری مبحث ساختار پروتئین‌ها

شکل ۱-این نمودار میانگین نمرات نهایی دانش‌آموزان در یادگیری مبحث ساختار پروتئین‌ها را به تفکیک نوع مدرسه (سمپاد و عادی) و وضعیت مرور پیش نیازها در بازه ۰ تا ۲۰ نشان می‌دهد. برای مقایسه عادلانه، نمرات با حذف اثر نمره پیش‌آزمون تعدیل شده‌اند و خطوط عمودی روی هر ستون نیز نشان‌دهنده میزان خطای معیار(SE=0.23) هستند.

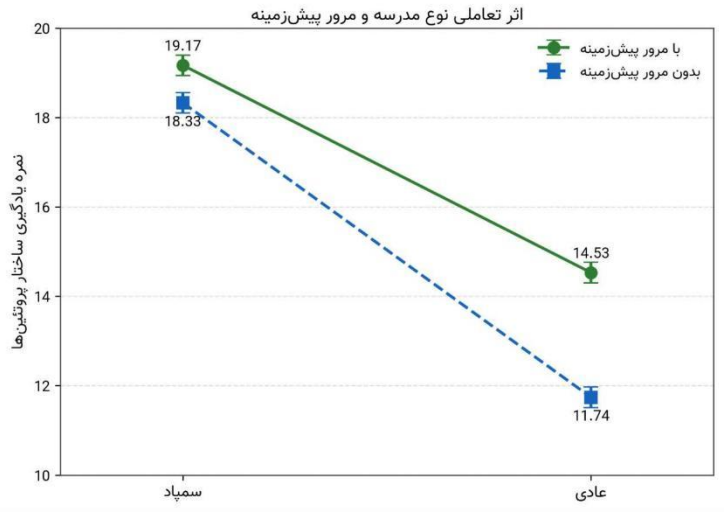
برای بررسی دقیق‌تر ماهیت این تعامل، مقایسه‌های زوجی با اصلاح بونفرونی انجام شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج مقایسه‌های زوجی گروه‌ها بر اساس میانگین‌های تعدیل شده با اصلاح بونفرونی

مقایسه گروه ها	تفاوت میانگین	p
مدرسه عادی(با مرور)- مدرسه عادی(بدون مرور)	۲,۷۹	۰,۰۱>
سمپاد(با مرور)- سمپاد(بدون مرور)	۰,۸۴	۰,۱۲
سمپاد(با مرور)- عادی(با مرور)	معنا دار به نفع سمپاد	۰,۰۰۱>
سمپاد(بدون مرور)- عادی(بدون مرور)	معنادار به نفع سمپاد	۰,۰۰۱>

نتایج نشان داد که در مدارس عادی، دانش آموزانی که مرور پیش زمینه شیمیایی دریافت کرده بودند عملکرد بهتری نسبت به گروه بدون مرور داشتند و این تفاوت معنادار بود. در مقابل، در مدارس استعدادهای درخشان تفاوت بین دو گروه با مرور و بدون مرور معنادار نبود.

مطابق شکل ۲، میانگین‌های تعدیل شده در گروه عادی با مرور به طور محسوسی بالاتر از گروه عادی بدون مرور است، در حالی که در مدرسه استعدادهای درخشان دو خط به یکدیگر نزدیک اند؛ این الگوی بصری با نتایج معنادار اثر تعامل($F(1,53) = 96/7$ ؛ $p < 0/01$ ؛ $\eta^2_p = 0/133$) هم‌خوانی دارد.



شکل ۲. نمودار اثر تعاملی

شکل ۲- نمودار اثر تعاملی نشان می‌دهد که تأثیر مرور پیش‌نیازهای شیمی در دو مدرسه یکسان نبوده است؛ در مدارس عادی، مرور پیش‌نیازها باعث ارتقای چشمگیر نمرات شد (اختلاف ۷۹/۲ نمره)، در حالی که این بهبود در مدارس استعدادهای درخشان کمتر بود (اختلاف ۸۴/۰ نمره). شیب تندتر خط در مدرسه عادی بیانگر آن است که مرور پیش‌نیازها بیشترین اثر جبرانی و مثبت را برای دانش‌آموزان مدارس عادی به همراه داشته است (تمامی نمرات پس از کنترل اثر پیش‌آزمون تعدیل شده و خطای معیار معادل SE=0.23 است.)

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مرور پیش نیازهای شیمیایی تأثیر معناداری بر یادگیری دانش آموزان داشته است ($F(1.53)=7.96;p<0.01;\eta^2_p=0.133$) و این تأثیر در دو بافت آموزشی یکسان نبوده است. به طور کلی، دانش آموزانی که پیش از آموزش مبحث ساختار پروتئین ها مفاهیم پایه شیمی را مرور کرده بودند، عملکرد بهتری در یادگیری این مبحث نشان دادند. این یافته بیانگر آن است که فهم مفاهیم زیست شناسی مولکولی، به ویژه موضوعاتی که بر ماهیت پیوندها و برهم کنش های مولکولی استوارند، بدون برخورداری از دانش پایه شیمیایی منسجم و فعال شده برای بسیاری از دانش آموزان دشوار است. این نتیجه با یافته های مربوط به بدفهمی های پیوند شیمیایی و دشواری انتقال مفاهیم شیمی به زیست شناسی همسو است (Miri & Samir, 2024; Rabbani-Far & Arab, 2024) و همچنین با تأکید علویان (۲۰۲۲) بر اهمیت سواد بصری و درک ساختارهای مولکولی در آموزش زیست شناسی سازگار است.

یافته های پژوهش نشان داد که دانش آموزان مدارس استعدادهای درخشان در مجموع عملکرد بالاتری نسبت به دانش آموزان مدارس عادی داشتند. این نتیجه را می‌توان با تفاوت در سطح آمادگی علمی، توانایی های شناختی و تجربه های آموزشی تبیین کرد. پژوهش های پیشین نیز نشان داده اند که تفاوت در پیش زمینه مفهومی و انسجام دانش پایه می‌تواند بر کیفیت یادگیری مباحث پیشرفته تأثیرگذار باشد (Brahui Moghadam, 2021; Samadi, 2019). با این حال، نکته مهم آن است که مرور پیش زمینه شیمیایی در مدرسه عادی اثر پررنگ تری داشت. این یافته نشان می‌دهد که هرچه فاصله میان دانش قبلی دانش آموز و محتوای جدید بیشتر باشد، نقش فعال‌سازی پیش دانسته ها در یادگیری نیز مهم‌تر می‌شود؛ موضوعی که با دیدگاه یادگیری معنادار و ساخت گرایی همخوان است (Chiappetta, 2009).

معنادار بودن اثر تعاملی نوع مدرسه و مرور پیش زمینه شیمیایی نیز مؤید همین تفسیر است. در مدارس عادی، مرور مفاهیمی مانند پیوندهای کووالانسی، یونی و هیدروژنی، قطبیت و نیروهای بین مولکولی مانند یک پیش ساز شناختی عمل کرده و به دانش آموزان کمک کرده است تا ارتباط میان ویژگی های شیمیایی اسیدهای آمینه و شکل گیری سطوح مختلف ساختار پروتئین را بهتر درک کنند. این موضوع با یافته های مرادی و اولی (۲۰۲۴) درباره اهمیت درک صحیح پیوندهای شیمیایی در آموزش و نیز با نتایج ربانی‌فر و عرب (۲۰۲۴) درباره نقش بدفهمی های پیوندی در اختلال یادگیری همسو است. در مقابل، در مدارس استعدادهای درخشان به دلیل آمادگی قبلی بیشتر و احتمال وجود اثر سقف، تفاوت میان گروه با مرور و بدون مرور کمتر آشکار شده است. بنابراین اثربخشی این مداخله را باید وابسته به سطح دانش پیشین و شرایط واقعی یادگیری دانست.

در تحلیل کیفی پاسخ های گروه هایی که مرور پیش زمینه دریافت نکرده بودند، مشاهداتی نظیر خلط پیوند هیدروژنی با پیوند یونی و دشواری در توضیح ارتباط نوع پیوند با پایداری ساختارهای دوم و سوم پروتئین ثبت شد. از آنجا که کج فهمی ها به طور مستقیم و با ابزار اختصاصی سنجیده نشده اند، این مشاهدات صرفاً به عنوان شواهد توصیفی مکمل گزارش می‌شوند و تعمیم آن‌ها به کاهش یا افزایش کج فهمی نیازمند پژوهش مستقل است. در مقابل، دانش آموزانی که مرور پیش زمینه دریافت کرده بودند، پاسخ های دقیق تر و منسجم تری ارائه دادند که نشان دهنده فعال‌سازی و سازمان‌دهی بهتر دانش پیشین است؛ امری که از منظر یادگیری عمیق اهمیت دارد (Mirshkari et al., 2024). نتایج پژوهش حاضر با یافته های مطالعات مربوط به روش های فعال تدریس نیز همسو است. حاتمی آباد شاپوری و همکاران (۲۰۲۳) نشان داده اند که روش های دانش آموز محور می‌توانند درک مفاهیم زیستی را افزایش دهند. همچنین میرصفی (۲۰۲۲) نشان داد که روش تدریس مشارکتی در مقایسه با روش سنتی تأثیر بیشتری بر پیشرفت تحصیلی در زیست شناسی دارد. در پژوهش حاضر نیز اگرچه مداخله در قالب یک مرور مفهومی انجام شد، اما همین فعال‌سازی هدفمند دانش پیشین نوعی درگیرسازی شناختی ایجاد کرده و به یادگیری بهتر انجامیده است. در همین راستا، غلامی، زارع و فلاح (۲۰۲۳) گزارش کرده اند که کلاس معکوس موجب بهبود یادگیری و تعامل دانش آموزان می‌شود و اثربخشی آن در بافت های آموزشی مختلف یکسان نیست. همچنین غلامی و صابرمنش (۲۰۲۵) نشان دادند که روش های تدریس ترکیبی و معکوس می‌توانند موجب افزایش پیشرفت تحصیلی در زیست شناسی شوند.این یافته ها با نتایج پژوهش حاضر همسو است،زیرا در همه این موارد یادگیری زمانی تقویت شده است که دانش آموز در سازمان دهی و بازسازی مفاهیم نقش فعال داشته است. علاوه بر این، کریستوپولوس و همکاران (۲۰۲۳) نیز بر نقش محیط های تعاملی در تقویت یادگیری مفاهیم زیستی تأکید کرده اند که نشان می‌دهد ایجاد زمینه های درگیری شناختی و مفهومی می‌تواند کیفیت یادگیری را ارتقا دهد.

از منظر آموزشی، نتایج این پژوهش دلالت های روشنی دارد. یافته ها نشان می‌دهد که دبیران زیست شناسی نباید فرض کنند دانش آموزان مفاهیم پایه شیمی را به صورت کامل و قابل انتقال آموخته اند. در موضوعاتی مانند ساختار پروتئین ها لازم است پیش از تدریس محتوای اصلی، زمانی به مرور هدفمند مفاهیم پایه اختصاص داده شود. این پیشنهاد با تأکید مقدسی (۲۰۱۶) و صمدی (۲۰۱۹) بر ضرورت تقویت فهم مفهومی در آموزش زیست شناسی همسو است. به ویژه در مدارس عادی یا کلاس هایی که دانش آموزان از پیش زمینه علمی ضعیف تری برخوردارند، چنین مداخله ای می‌تواند به کاهش بدفهمی ها و بهبود عملکرد تحصیلی منجر شود.ایش پیشرفت تحصیلی در زیست شناسی شوند. این

یافته ها با نتایج پژوهش حاضر همسو است، زیرا در همه این موارد یادگیری زمانی تقویت شده است که دانش‌آموز در سازمان‌دهی و بازسازی مفاهیم نقش فعال داشته است.

نتیجه گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که مرور هدفمند پیش زمینه شیمیایی نقش مهمی در بهبود یادگیری ساختار پروتئین ها دارد. دانش‌آموزانی که پیش از آموزش این مبحث مفاهیم پایه ای مانند انواع پیوندهای شیمیایی، قطبیت و نیروهای بین مولکولی را مرور کرده بودند، درک عمیق‌تری از ارتباط میان ساختار شیمیایی اسیدهای آمینه و شکل‌گیری ساختارهای پروتئینی نشان دادند و تحلیل کوواریانس نیز بهبود عملکرد آنان را پس از کنترل پیش آزمون تأیید کرد. همچنین نتایج کیفی نشان داد که این مرور به کاهش کج فهمی ها درباره نقش انواع پیوندها در پایداری ساختار پروتئین‌ها کمک کرده است.

در پاسخ به هدف دوم پژوهش، مقایسه دو مدرسه به عنوان یک یافته مستقل نشان داد که دانش آموزان مدرسه استعدادهای درخشان در مجموع عملکرد بالاتری نسبت به دانش آموزان مدرسه عادی داشتند (تفاوت معنادار در هر دو سطح با مرور و بدون مرور؛ $p<$ ۰۰۱/۰). با این حال، مداخله مرور پیش نیازها توانست بخشی از این شکاف را کاهش دهد: در گروه با مرور، تفاوت دو مدرسه کوچک‌تر از گروه بدون مرور بود و بیشترین بهبود در مدرسه عادی رخ داد (اختلاف تعدیل شده =۲,۷۹). این یافته نشان می‌دهد مرور پیش نیازها نقشی جبرانی در بافت های آموزشی کم امتیازتر دارد، هرچند به تنهایی شکاف میان دو بافت را از میان برنمی‌دارد.

در مجموع، نتایج بر ضرورت فعال‌سازی دانش پیشین و رویکرد تلفیقی میان شیمی و زیست شناسی در آموزش مباحث مولکولی تأکید دارد و پیشنهاد می‌کند دبیران پیش از تدریس این مباحث، مفاهیم پایه شیمی را به صورت کوتاه و هدفمند مرور کنند.

محدودیت های پژوهش

با وجود نتایج معنادار، این پژوهش با محدودیت هایی همراه بود که باید در تفسیر یافته ها مورد توجه قرار گیرد. نمونه گیری به صورت در دسترس و اجرای مطالعه در تنها دو مدرسه، همراه با حجم نمونه نسبتاً محدود، تعمیم پذیری نتایج و بررسی دقیق تفاوت های فردی مانند انگیزش، پیشینه شیمی و توانایی تجسم فضایی را محدود می کند. همچنین کوتاه بودن مدت مداخله، امکان قضاوت درباره پایداری اثر در بلندمدت را فراهم نمی سازد. احتمال وقوع اثر سقف در گروه مدارس استعدادهای درخشان نیز ممکن است حساسیت آزمون را برای آشکارسازی تفاوت ها کاهش داده باشد.

افزون بر این، تمرکز پژوهش صرفاً بر مرور مفاهیم پیوندهای شیمیایی بود و سایر عوامل مؤثر بر یادگیری ساختار پروتئین ها مانند مهارت مدل سازی، سواد بصری و کیفیت تعاملات کلاسی به طور همزمان بررسی نشدند.

پیشنهادهای کاربردی

۱. پیش از تدریس مبحث ساختار پروتئین ها، مفاهیم پایه شیمی مانند انواع پیوندهای شیمیایی، قطبیت و نیروهای بین مولکولی به صورت کوتاه و هدفمند مرور شود و با مثال های زیستی همراه گردد تا پیوند مفهومی میان شیمی و زیست شناسی برای دانش آموزان روشن شود.

۲. در آموزش ساختار پروتئین ها از روش های فعال یادگیری و ابزارهای دیداری مانند مدل های سه بعدی، شبیه سازهای مولکولی و فعالیت های مشارکتی استفاده شود تا درک مفهومی دانش آموزان تقویت و بدفهمی های آنان کاهش یابد.

پیشنهاد برای پژوهش های آینده

پیشنهاد می شود پژوهش های آینده با حجم نمونه بزرگ تر و در مدارس بیشتر انجام شوند تا امکان تعمیم نتایج افزایش یابد. همچنین می توان اثر مرور پیش زمینه شیمیایی را در کنار متغیرهایی مانند توانایی تجسم فضایی، سواد بصری، انگیزش تحصیلی، علاقه به زیست شناسی، پیشرفت قبلی در درس شیمی و سبک های یادگیری بررسی کرد.

از سوی دیگر، انجام پژوهش های طولی می تواند نشان دهد که اثر مرور پیش زمینه شیمیایی بر یادگیری ساختار پروتئین ها تا چه اندازه پایدار است. همچنین پیشنهاد می شود در پژوهش های بعدی از ابزارهای متنوع تری مانند مصاحبه، نقشه مفهومی، تحلیل پاسخ های تشریحی، مشاهده کلاسی و تحلیل فرایندهای گفت وگوی دانش آموزان استفاده شود تا تصویر دقیق تری از تغییرات مفهومی آنان به دست آید.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول مسئول طراحی کلی پژوهش، نظارت علمی بر مراحل اجرا و بازبینی نهایی مقاله بوده است (۳۰ درصد). نویسنده دوم مسئول گردآوری داده‌ها، تحلیل آماری، نگارش اولیه متن و اعمال اصلاحات نهایی مقاله بوده است (۷۰ درصد). تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تایید کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مسئولان مدارس و دانش‌آموزانی که در اجرای این پژوهش همکاری کردند صمیمانه قدردانی می‌کنند.

همچنین از تمامی افرادی که در انجام این مطالعه و نگارش مقاله همکاری و راهنمایی داشته‌اند سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

Alavian, F. (2022). The importance of spatial visualization and visual literacy in teaching cellular, molecular, and biochemical biology topics in high school biology textbooks [In Persian]. *Research in Biology Education*, *4*(2), 19–30.

Brahui Moghadam, N. (2021). Investigating the learning difficulties of biology topics from the perspective of secondary school students and identifying related causes [In Persian]. *Research in Biology Education*, *3*(2), 3–14.

Chiappetta, E. L. (2009). What makes learning biology difficult and effective: Student views. *Educational Research and Reviews*, *3*(7), 617–717.

Christopoulos, A., Mystakidis, S., Cachafeiro, E., & Laakso, M.-J. (2023). Escaping the cell: Virtual reality escape rooms in biology education. *Behaviour & Information Technology*, *42*(9), 1434–1451. Cimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational Research and Reviews*, *7*(3), 61–71.

Gholami, A., & Saber-Manesh, S. (2025). Comparing the effects of blended and flipped teaching methods on students' creativity and academic achievement: A case study in biology education [In Persian]. *New Educational Approaches*, *20*(1), 159–180.

Gholami, A., Zare, H., & Fallah, V. (2023). Comparing the effectiveness of flipped classroom biology instruction among students in gifted and regular schools [In Persian]. *Educational Research Journal*, *9*(34).

Hatamiabad Shapouri, H., Bahrami Nazarabadi, R., MirTalebi, Z. S., & Rastgar Saadi, S. (2023). Comparison of traditional and modern teaching methods in biology education among eleventh-grade students in Shiraz [In Persian]. *Pooyesh in Basic Science Education*, *9*(33).

Luft, J. A., Jeong, S., Idsardi, R., & Gardner, G. (2022). Literature reviews, theoretical frameworks, and conceptual frameworks: An introduction for new biology education researchers. *CBE—Life Sciences Education*, *21*(3), rm33.

Moghaddasi, R. (2016). Biology education in Iranian schools [In Persian]. *Roshd Biology Education Journal*, *30*(2), 4–8.

Moradi, S., & Oli, E. (2024). Comparison of teaching chemical bonds in Iran, Sweden, and South Africa [In Persian]. In *Fifth National Conference on Chemistry Education*.

Miri, S., & Samir, P. (2024). Students' misconceptions about chemical bonding [In Persian]. In *Fifth National Conference on Chemistry Education*, Farhangian University.

Mirshkari, S., Keshtiaray, N., & Azizi Malekabadi, H. (2024). The effectiveness of biology teaching with an emphasis on deep learning on students' learning [In Persian]. *Teaching Research Journal*, *13*(1), 45–62.

Mirsafi, F. (2022). Comparing cooperative teaching and traditional teaching methods in learning biology among female students [In Persian]. *Journal of Research in Experimental Science Education*, *2*(6), 56–63.

Rabbani-Far, Z., & Arab, N. (2024). Investigating common student misconceptions about chemical bonding [In Persian]. In *Fifth National Conference on Chemistry Education*, Shahid Hashemi-Nejad University.

Samadi, A. (2019). Challenges in biology education and the role of creativity in improving learning [In Persian]. *Research in Biology Education*, *1*(1), 15–30.