اهمیت تجسم فضایی و سواد بصری در آموزش مباحث زیست‌شناسی سلولی مولکولی و بیوشیمی کتب زیست‌شناسی دبیرستان

* فیروزه علویان[1]

تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۳/۲۰
از صفحه ۱۹ تا ۳۰

چکیده

تجسم، مهارتی ضروری برای همه دانش‌آموزان و زیست‌شناسانی است که در مورد علوم زیستی سلولی مولکولی و بیوشیمی مطالعه و تحقیق می‌کنند. در این مطالعه، ماهیت و اهمیت تجسم در آموزش مباحث سلولی مولکولی و بیوشیمی کتب دبیرستان موردبحث قرار می‌گیرد. استدلال این است که باید به دانش‌آموزان صریحاً سواد بصری و مهارت‌های استفاده از ابزار تجسم را به‌عنوان اجزای اساسی دروس زیست‌شناسی آموزش داد. پژوهش مروری حاضر به روش کتابخانه‌ای - اسنادی انجام شد. منابع اطلاعاتی موردنظر به کمک کلمات کلیدی آموزش، زیست‌شناسی، سلولی مولکولی، بیوشیمی، سواد بصری و تجسم؛ و از پایگاه‌های اطلاعاتی google ،science direct scholar و PubMed استخراج شدند. نتایج نشان داد اگرچه تنوع زیادی از نمایش‌های بصری استاتیک، پویا و چندرسانه‌ای همچنان منابع آموزشی مدرن را با سرعت تصاعدی به مدارس سرازیر می‌کند، توجه آموزشی بسیار کمی به سواد بصری و تجسم در آموزش زیست‌شناسی شده است. در این مقاله بر اساس یافته‌های پژوهشی منتخب از سایر حوزه‌های آموزش علوم و تجربه تحقیقاتی خود در آموزش زیست‌شناسی، دستورالعمل‌های اساسی برای ارتقای تجسم و سواد بصری در بین دانش‌آموزانی که در رشته تجربی تحصیل می‌کنند، پیشنهاد می‌شود

کلمات کلیدی: آموزش، زیست‌شناسی، سلولی مولکولی، بیوشیمی، سواد بصری، تجسم.

*۱. دانشیار گروه زیست شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. falavian@cfu.ac.ir

مقدمه

همه زیست‌شناسان با این موضوع موافق هستند که ابزارهای تجسم برای درک و تحقیق در علوم زیستی سلولی و مولکولی و بیوشیمی ضروری هستند. این امر با رشد تصاعدی تعداد و دامنه ابزارهای تجسمی که اکنون در دسترس زیست‌شناسان برای آموزش، یادگیری و تحقیق است، منعکس می‌شود. از جمله، مدل‌های فیزیکی و مولکولی، نمودارها، نقشه‌های متابولیک، مسیرهای نمادین، نمایش‌های ژنومی، تصاویر ثابت، تصاویر پویا، محیط های بصری متحرک، گیف ها و ویدئوها، برنامه های چندرسانه‌ای و واقعیت مجازی. این ابزارها در مجموع توسط روانشناسان شناختی «بازنمایی خارجی (ERs)» نامیده می‌شوند، زیرا پدیده‌هایی که در دنیای بیرونی به تصویر می‌کشند، حاوی روابط فضایی هستند و می‌توانند از بازنمایی‌های درونی (مانند مدل‌های ذهنی) متمایز شوند (Zhang & Norman ,۱۹۹۴). بنابراین، ERهای صوتی، یادگیرندگان و محققان را قادر می‌سازند تا مدل‌های ذهنی معناداری از پدیده‌های بیوشیمیایی بسازند تا امکان تجسم، ادغام و درک مفاهیم بیوشیمیایی را فراهم کنند (Kähkönen, Sederberg, Viiri, Lindell, & Bryan ,۲۰۲۰). هدف این پژوهش سه جنبه است. در ابتدا، بحث در مورد ماهیت و حالت ER های مختلف مورداستفاده در آموزش مباحث سلولی مولکولی و بیوشیمی (که از این به بعد فقط با نام سلولی مولکولی از آنها یاد می‌شود). ثانیاً، بحث در مورد اهمیت آموزش صریح مهارت‌های تجسم و سواد بصری به‌عنوان یک جزء ضروری برنامه درسی زیست‌شناسی مدرن. ثالثاً، پیشنهاد برخی دستورالعمل‌های ممکن برای ارتقای آموزش و یادگیری، توسعه مهارت‌های تجسم دانش‌آموزان و به حداقل رساندن مشکلات تجسم و در نتیجه افزایش سواد بصری عمومی دانش‌آموزان.

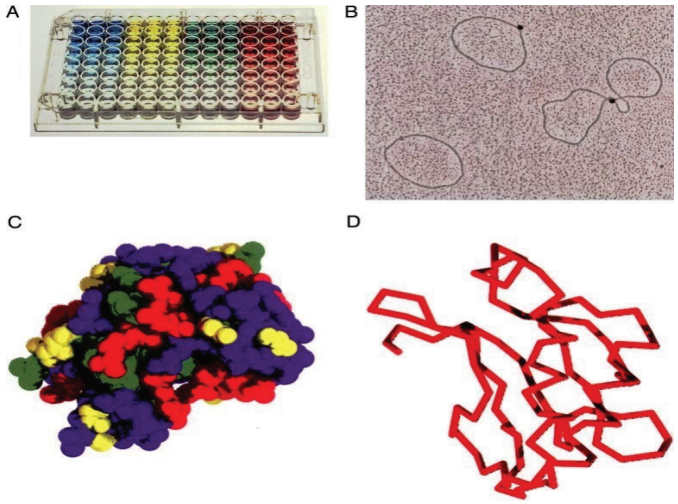
ماهیت (گیج‌کننده) ERهای مورداستفاده در آموزش مباحث سلولی مولکولی

مباحث سلولی مولکولی در سطوح مختلف ماکروسکوپی (شکل ۱A)، میکروسکوپی (شکل ۱B) و به‌ویژه، زیر میکروسکوپی یا مولکولی (شکل ۱، C و D) قابل‌بررسی هستند؛ بنابراین برای درک کل‌نگر این مباحث، دانش‌آموزان باید بتوانند به‌راحتی این سه سطح را تفسیر کنند و رابطه بین آن‌ها را کشف کنند؛ چیزی که می‌تواند برای آنها دشوار و گیج‌کننده باشد. ازآنجایی‌که ما نمی‌توانیم محیط زیر میکروسکوپی را به‌صورت فیزیکی ببینیم، زیست‌شناسان و بیوشیمیست ها برای توضیح پدیده‌های انتزاعی، ساختن نظریه‌ها، فرضیه‌ها و مدل‌ها از داده‌های فیزیکی و شیمیایی استفاده می‌کنند. این سازه‌ها، به نوبه خود، اگر توسط جامعه زیست‌شناسان پذیرفته شوند، بر نحوه تفسیر

و تجسم محیط زیر میکروسکوپی و بنابراین، آنچه در منابع آموزشی (مانند کتاب‌های درسی، نرم‌افزارهای رایانه‌ای و اینترنت) وارد می‌کنیم، حکومت می‌کنند تا به دانش‌آموزان آموزش‌های ضروری داده شود (Astuti, Mawarsari, Purnomo, & Sediyono,۲۰۲۰).

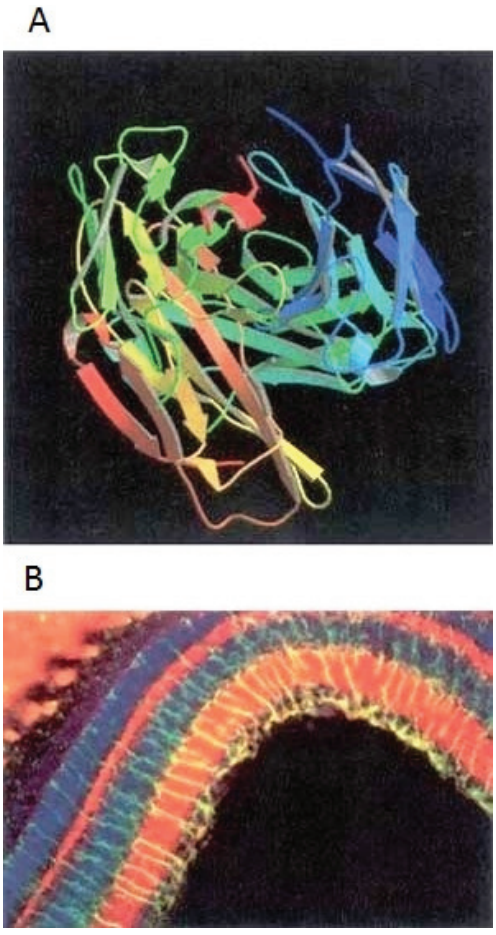
برای تسهیل تجسم پدیده‌های بیوشیمیایی در هر سه سطح سازمان (شکل ۱)، بیوشیمی دانان از یک «زبان» دیداری به شکل ERهای متعدد و نمادگرایی استفاده می‌کنند که هم از نظر ظاهر و زیبایی (مانند رنگ، شکل، اندازه) مهم است و در سطح انتزاعی. درحالی‌که فیزیک‌دانان، شیمی‌دانان و ریاضی‌دانان از نمادگرایی واضح و تثبیت شده که قرارداد نامیده می‌شود، برای نمایش پدیده‌های خاص استفاده می‌کنند (مثلاً قراردادی که برای نشان‌دادن باتری در نمودار مدار استفاده می‌شود) (Gräber et al,۲۰۰۱).

بیوشیمیست ها اغلب از طیفی از نمادها برای نشان‌دادن پدیده‌ها استفاده می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، پیوند دی سولفیدی در ER پروتئین‌های کتاب‌های درسی به‌صورت –S–S–؛ به‌صورت یک خط مستقیم سیاه یا خطوط زرد نمایش داده می‌شود که همین تفاوت رنگ می‌توان سبب اشتباه شود. در واقع، زبان بصری که دانش‌آموزان در دروس زیست‌شناسی باید بیاموزند بسیار پیچیده‌تر و بالقوه گیج‌کننده‌تر از سایر رشته‌ها است. این مشکل از این واقعیت ناشی می‌شود که بیوشیمی دانان خبره، به دلیل دانش مفهومی گسترده‌ترشان، عموماً با فقدان قراردادها سردرگم نمی‌شوند و بنابراین، به‌اشتباه تصور می‌کنند که همین امر برای تازه‌کارها نیز صادق است؛ بنابراین نیاز است که کمیته نام‌گذاری اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی (IUBMB) با کمک محققان، نویسندگان کتاب‌های درسی و طراحان استانداردهای جهان‌شمول‌تری را در نظر بگیرند. (Bohinski, Melius, & Friedman,۱۹۸۷) .



شکل ۱- نمونه هایی از ماهیت ERهای معمولی مورد استفاده در آموزش بیوشیمی A. نمایش ماکروسکوپی از یک صفحه حاوی محلول های بیوشیمیایی با رنگ های متفاوت. B، نمایش میکروسکوپی از یک ذره طلای ۱۰ نانومتری (کره سیاه) متصل به آنتی بادی Z-DNA که به نوبه خود به یک قطعه Z-DNA در DNA پلاسمید متصل است. C. نمایش زیر میکروسکوپی که حجم فضای اشغال شده توسط هر اتم (غیر از هیدروژن) که یک مولکول پروتئین را می سازند، نشان می دهد. آمینو اسیدهای آبگریز سبز، اسیدهای آمینه باردار قرمز، اسیدهای آمینه قطبی آبی و گلیسین زرد هستن D، نمایش زیر میکروسکوپی از اتم های کربن که ستون فقرات کربن یک مولکول پروتئین را تشکیل می دهد

باتوجه‌به سطح انتزاع ERها، بیوشیمی دانان از طیف وسیعی از ERها، در هر سطح از سازمان استفاده می‌کنند (شکل ۱)، که می توانند در پیوستار انتزاعی، تلطیف تر، تا بازنمایی واقعی تر از پدیده‌ها قرار گیرند. به‌عنوان‌مثال، در سطح زیر میکروسکوپی (مولکولی) سازمان، ممکن است از دانش‌آموزان خواسته شود که بین بازنمایی‌های چندگانه اتصال آنتی‌بادی-آنتی‌ژن (شکل ۲-A)، به یک میکروگراف الکترونی واقعی تر از کمپلکس اتصال (شکل ۲-B) ارتباط برقرار کنند. این بدان معنی است که، ممکن است دانش‌آموزان نیاز داشته باشند که بازنمایی انتزاعی از یک پدیده (مولکولی) را در کنار نمایش های واقعی از همان پدیده درک کنند، چیزی که دانش‌آموزان آن را بسیار گیج‌کننده می دانند (Schonborn & Anderson,۲۰۰۴).



شکل۲- بازنمایی‌های چندگانه اتصال آنتی‌بادی-آنتی‌ژن (A)، به یک میکروگراف الکترونی واقعی تر از کمپلکس اتصال (B).

بنابراین، به طور خلاصه، دانش‌آموزان نه‌تنها باید بین سطوح کلان، خرد، و مولکولی سازمان (شکل ۱) ارتباط برقرار کنند، بلکه باید بین ERهایی که پدیده‌ها را در هر سطح از انتزاع نشان می‌دهند (مثلاً شکل ۲) که این ترکیب از نظر شناختی برای دانش‌آموزان بسیار چالش‌برانگیز می‌شود، ارتباط برقرار کنند. در اصل، بدون تجسم و مهارت‌های مورداستفاده برای تفسیر ER ها، یادگیری، آموزش و تحقیق در دنیای مولکولی امکان‌پذیر نخواهدبود.

علاوه بر سطوح سازماندهی و انتزاع، دلیل احتمالی دیگر برای سردرگمی دانش‌آموزان این است که ERها از نظر نحوه نمایش نیز متفاوت هستند. پدیده‌های بیوشیمیایی انتزاعی به طرق مختلف از جمله حالت‌های استاتیک دوبعدی و سه‌بعدی، حالت‌های پویا و حالت‌های چندرسانه‌ای نشان داده می‌شوند. یک ER استاتیک دوبعدی معمولاً با صفحه‌ای از کتاب‌درسی حاوی مثلاً یک پروتئین، تصویری از مارپیچ DNA و ... مرتبط است، درحالی‌که یک ER استاتیک سه‌بعدی می‌تواند یک مدل فیزیکی مانند مدل توپ و

چوب یک مارپیچ باشد. در مقابل، حالت بصری پویا، تصویری است که حاوی اطلاعات گرافیکی «حرکت» یا به عبارت ساده، تصویری متحرک است. به‌عنوان‌مثال، وقتی یک ER از ساختار پروتئینی تولید شده توسط کامپیوتر را روی صفحه کامپیوتر دست‌کاری می کنید، با یک تصویر متحرک یا پویا در تعامل هستید. تصاویر متحرک به طور ایده‌آل برای نمایش فرایندها مناسب هستند؛ زیرا در طول زمان رخ می‌دهند. حالت چندرسانه‌ای نیز برای تجسم پدیده‌های سلولی و مولکولی در دنیای پرشتاب و تکنولوژیک امروزی به یک کلمه کلیدی تبدیل شده است. به طور رسمی، این اصطلاح به «ترکیب منابع فنی متعدد به‌منظور ارائه اطلاعات ارائه شده در قالب‌های متعدد اشاره دارد» (Schnotz & Lowe,۲۰۰۳).

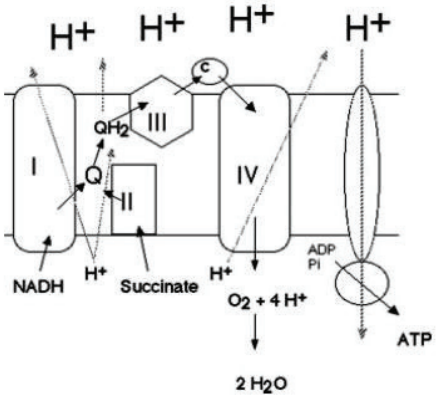
برخی از قالب‌های متعددی که توسط انسان مشاهده می‌شوند عبارتند از متن (جملات)، ERهای ثابت (ساکن)، تصاویر پویا (متحرک) و تصاویر ویدیویی و صداها. وقتی دو یا تعداد بیشتری از این قالبهای رسانه ای با هم ترکیب می شوند، دیگر یک رسانه ارتباطی واحد نداریم، بلکه یک رسانه چندوجهی داریم. بسته‌های چندرسانه‌ای متعددی برای آموزش و تحقیق در زیست‌شناسی سلولی مولکولی وجود دارد، از جمله Chime، RasMol، Mage و Szuba) MolView,۲۰۲۱). از انواع محبوب اخیر CD-ROM های تعاملی است که همراه با کتاب‌های درسی نسخه چاپی و همچنین وب سایت های تعاملی ارائه می‌شوند (Russell, Netherwood, & Robinson,۲۰۰۴). چنین نرم افزارهایی همچنین به‌ویژه در مطالعه روابط ساختار پروتئین، طراحی پروتئین یا دارو، و بیوانفورماتیک استفاده می‌شوند. اکنون، بیش از هر زمان دیگری، محققان، معلمان و یادگیرندگان می توانند به‌راحتی ER های مولکول ها و فرآیندهای بیوشیمیایی را بسازند و دست‌کاری کنند. انتخاب حالت مورداستفاده برای نمایش مفاهیم، پدیده‌ها و فرآیندهای بیوشیمیایی به ماهیت بیوشیمی ارائه شده، اهداف آموزشی و فناوری موجود برای تولید ER بستگی دارد. به‌عنوان‌مثال، ER های ثابت مختلف تولید شده از کریستالوگرافی اشعه ایکس (شکل ۲-A)، ER های فیزیکی مدل های شیمیایی و ER های ژنومی، همگی ER های استاتیک عالی برای آموزش ساختار پروتئین پایه و ساختار ژنومی از یک سو و از سوی دیگر، برای آموزش ماهیت سه‌بعدی و پویای مولکول‌های زیستی هستند. همچنین، ممکن است برای مفاهیم دیگر، بهتر باشد از تصویر متحرک کامپیوتری مثلا یک رشته پروتئین یا DNA استفاده شود. علاوه بر این، حالت ER متحرک ممکن است برای آموزش واکنش های متابولیک پویا مفیدتر از حالت ایستا باشد (Sensen,۲۰۰۳).

یکی از نگرانی های عمده ای که در آموزش علوم مطرح است، برتری اعطا شده به ERهای متحرک و چندرسانه ای نسبت به ERهای ایستا است. ازآنجایی که چنین ERهایی جذابیت زیبایی شناختی زیادی دارند، بسیاری از معلمان به سادگی تصور می کنند که آنها ابزارهای آموزشی و یادگیری بسیار قوی تر از ERهای ایستا خواهند بود. برعکس، تحقیقات اخیر پیشنهاد کرده اند که ERهای پویا و چند رسانه ای همیشه برتر از ERهای ایستا نیستند (Pande,۲۰۲۱). لو (۲۰۰۳) دو دلیل احتمالی برای این موضوع ارائه کرده است. اولاً، ERهای پویا می توانند از نظر شناختی برای دانش‌آموزان «سنگین»

باشند، زیرا حجم بیشتری از اطلاعاتی نسبت به یک ER ایستا باید پردازش شود. ثانیاً، چنین ERهایی ممکن است از نظر علمی ضعیف باشند؛ زیرا بیننده ممکن است با ظاهر بسیار پویا و زیبایی‌شناختی آن منحرف شود و در نتیجه سطح تعامل علمی مورد نیاز کاهش یابد. آنچه به نظر می رسد اهمیت زیادی داشته باشد این است که چگونه یک ER (تصویر ثابت یا پویای واقعی) با بازنمایی درونی یا مدل ذهنی ایجاد شده در ذهن انسان مقایسه می‌شود. بررسی دقیق این رابطه به ما امکان می‌دهد تفاوت‌ها و/ا شباهت‌های واقعی بین حالت‌های ایستا، پویا و چندرسانه‌ای و بنابراین، مزایا یا معایب نسبی این سه را برای یادگیری تحلیل کنیم. اگر این کار را انجام دهیم، در موقعیت بهتری خواهیم بود تا پیشنهاد کنیم یک ER خاص برای دستیابی به نتایج یادگیری مورد نظر چه زمانی، چرا و چگونه باید استفاده شود. درمجموع، آموزش صریح به دانش‌آموزان در مورد ماهیت بازنمایی‌های بیرونی به‌عنوان جزئی از تمام برنامه‌های درسی رسمی زیست‌شناسی بسیار مهم است. علاوه بر این، اگر با این استدلال موافق باشیم، آموزش مهارت‌های تجسم به دانش‌آموزان نیز مهم است، یعنی باید اطمینان حاصل کنیم که فارغ‌التحصیلان ما سواد بصری دارند (Lowe,۲۰۰۳).

اهمیت سواد بصری در برنامه درسی سلولی مولکولی و بیوشیمی

به گفته لو (۲۰۰۳) و برخی محققان آموزش و پرورش، همانطور که سواد کلامی به معنای توانایی خواندن و نوشتن زبان است و سواد عددی شامل خواندن و نوشتن اعداد است، سواد بصری نیز توانایی درک خواندن و همچنین نوشتن (رسم) ERها است؛ از جمله می‌توان به توانایی تفکر، یادگیری و بیان بر اساس تصاویر اشاره کرد (Lowe,۲۰۰۳). بنابراین، توصیه می‌شود سواد بصری به صراحت و به‌عنوان جزء ضروری برنامه های درسی زیست‌شناسی درنظر گرفته شود. در واقع، تعداد کمی از مؤسسات آموزشی به طور صریح به دانش‌آموزان مهارت تجسم را آموزش می‌دهند



شکل ۳- معرفی نوعی ER از انواع استاتیک مورد استفاده در منابع آموزشی برای نشان دادن فرآیندفسفوریلاسیون‌اکسیداتیو.

تا آنها را قادر سازند نمودارها را بخوانند، نمادها را رمزگشایی کنند، انیمیشن‌ها را معنا کنند و ... . در عوض، مانند سایر مهارت‌های شناختی (مانند تفکر، استدلال، خلاقیت و فراشناخت)، اغلب فرض می‌شود که مهارت‌های تجسم به طور خودکار در طول دوره فعالیت های یادگیری به دست می آیند. بااین‌حال، تحقیقات آموزش علوم نشان داده است که این فرض اشتباه است زیرا بسیاری از دانش‌آموزان مهارت‌های تجسم خود را بدون اینکه صریحاً از طریق فعالیت‌های یادگیری طراحی‌شده خاص آموزش ببینند، به اندازه کافی بهبود نمی‌بخشند. در ارتباط با این مشکل مهارتی، تحقیقات اخیر نشان داده است که تفسیر و تجسم ERهای بیوشیمیایی می‌تواند برای دانش‌آموزان بسیار چالش‌برانگیز باشد و می‌تواند منجر به مشکلاتی شود که بر درک آنها از پدیده‌های مولکولی و سلولی تأثیر منفی بگذارد؛ مانند طیف وسیعی از تصورات استدلالی غلط دانش‌آموزان با ERهایی که زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری را به تصویر می‌کشند اشاره کرد؛ از جمله، مشکل در استدلال فسفوریلاسیون اکسیداتیو اشاره کرد که ممکن است به تصویر مکانیسم معرفی شده در کتاب‌های درسی نسبت داده شود. به‌عنوان‌مثال، برخی از ERها هیچ ارتباط آشکاری بین اکسیداسیون مولکول‌های NADH ،FADH۲ و فسفوریلاسیون همزمان مولکول‌های ADP ندارند (Firat, Joshi, & Laramee, ۲۰۲۲,). همچنین، به دلیل ماهیت گرافیکی ERهای ایستا که فرایندها را به تصویر می‌کشند (شکل ۳)، دانش‌آموزان فکر می‌کنند که الکترون‌ها می‌توانند از یک حامل به حامل دیگر در ساختارهای غشایی «پرش» کنند (به جای اینکه از طریق برخورد بین حامل‌ها منتقل شوند) (Wikandari, Putro, Suroto, Purwandari, & Setyaningsih, ۲۰۲۱). در مطالعه دیگر، در مورد تفسیر دانش‌آموزان از ERهایی که اتصال آنتی‌بادی به آنتی‌ژن را نشان می‌دهند، طیفی از مشکلات تجسم گزارش شده است. به‌عنوان‌مثال، برخی از آنها ERهای ساختار آنتی بادی را به‌عنوان اجزای ساختار DNA تفسیر کردند، درحالی‌که برخی دیگر فکر می کردند که خود آنتی بادی قادر به انجام عملکرد ایمنی سلولی برای حذف آنتی ژن هستند. علاوه بر این، برخی از دانش‌آموزان تصورات اشتباهی از نشانه‌های گرافیکی مختلف دارند. به‌عنوان‌مثال، خط سیاهی که برای نشان‌دادن پیوند –S–S– استفاده می‌شود، به‌اشتباه به‌عنوان پیوند هیدروژنی تعبیر می‌شود. یا اجزای گرافیکی مورداستفاده برای نشان‌دادن نواحی مربوط به اسید آمینه به‌عنوان اتم و سلول درک می‌شود (Hull, ۲۰۰۳).

نظریه سازنده‌گرایی و یادگیری معنادار در تجسم بصری

یکی از نظریه‌های غالب در مورد چگونگی یادگیری افراد، نظریه سازنده‌گرایی است. اصل کلی این نظریه این است که دانش و تصاویر را نمی توان به‌صورت منفعلانه از معلم به مغز دانش آموز به شکل دست نخورده و به‌عنوان یک نسخه یکسان منتقل کرد. در عوض، هر دانش‌آموز به‌طور فعال معنا و مدل‌های ذهنی خود را می‌سازد، بنابراین، ساختار دانش منحصربه‌فرد، از کلمات یا تصاویر بصری که می‌شنوند یا می‌بینند، در چارچوب دانش علمی قبلی و تجربه زندگی آنها تفسیر می‌شوند. به عبارت دیگر، «مهمترین عامل منفرد مؤثر بر یادگیری، چیزی است که یادگیرنده از قبل می

داند». برای اینکه یادگیرندگان اطلاعات ارائه شده توسط یک ER را تجسم کنند، اطلاعات بصری باید به‌صورت ذهنی بر اساس دانش مفهومی موجود آنها پردازش شود. بنابراین، برای ترویج سواد بصری، دبیران زیست‌شناسی باید دانش‌آموزان را تشویق کنند تا در طول یک فرایند تجسم فعال، شامل وظایفی مانند کار در گروه‌ها برای تفسیر فعال انیمیشن و نقد نقاط قوت و محدودیت‌های آن، «از نظر ذهنی» درگیر شوند (Paivio,۱۹۹۰). یک سیستم کلامی اطلاعات متنی و کلامی را پردازش می‌کند و منجر به ساخت بازنمایی‌های ذهنی کلامی می‌شود، درحالی‌که یک سیستم بصری اطلاعات تصویری مانند رنگ، اندازه و الگو را پردازش می‌کند و منجر به ساخت بازنمایی‌های ذهنی تصویری می‌شود. پردازش دوگانه زمانی اتفاق می‌افتد که مغز یک مدل ذهنی را از ترکیبی از بازنمایی‌های ذهنی کلامی و تصویری می‌سازد (Paivio,۱۹۹۰). سوال اینجاست که چگونه می‌توان چنین ارتباطاتی را ایجاد کرد؟ نظریه مایر برای یادگیری چندرسانه ای با شناسایی چهار اصل اساسیِ برای یادگیری چند رسانه ای راه حلی برای این موضوع ارائه می دهد(Mayer, ۲۰۰۳،): اولاً، طی اثر چندرسانه‌ای پیشنهادی او، یادگیریِ عمیق‌تر زمانی اتفاق می‌افتد که ER ها (مانند تصاویر، نمودارها و انیمیشن‌ها) و کلمات (مثلاً متن یا گفتار) با هم ترکیب شوند. ثانیاً، وقتی اطلاعات نامربوط کاهش می‌یابد، یادگیری افزایش می‌یابد. ثالثاً، اثر مجاورت فضایی او نشان می دهد که وقتی کلمات در مجاورت تصاویر قرار می گیرند، یادگیری افزایش می یابد. در نهایت، اثر شخصی‌سازی پیشنهاد می‌کند که زمانی که متن همراه به شیوه‌ای محاوره‌ای ارائه می‌شود، دانش‌آموزان مدل‌های ذهنی مفیدتری را می سازند. بنابراین، زمانی که دانش‌آموزان در یک فرایند یادگیری فعال و یکپارچه شرکت می‌کنند، تجسم و یادگیری صدا، و درنتیجه، سواد بصری آنها به طور قابل توجهی افزایش می یابد.

اهمیت دانش محتوای آموزشی (PCK) در تجسم

طی فرآیند تدوین راهبردهایی برای بهبود یادگیری و تدریس در زمینه ERs، آشنایی با PCK برای دبیران مهم است. طبق نظر طرفداران PCK، ماهیت رویکرد آموزشی باید به ماهیت خاص مفهومی که آموزش داده می‌شود وابسته باشد. PCK شامل شناخت ماهیت مشکلات مفهومی، استدلالی و تجسمی دانش‌آموزان (و معلمان) و منابع احتمالی آن‌ها هنگام طراحی فعالیت‌های آموزشی و برنامه‌های درسی است. زیرا، هر مشکل مفهومی یا استدلالی ناشی از یک ER ممکن است به رویکرد آموزشی متفاوتی برای رفع یا جلوگیری از آن نیاز داشته باشد. به‌عنوان‌مثال، دانش‌آموزی که در تفسیر جهت‌گیری‌های فضایی سه‌بعدی ساختارهای بیوشیمیایی مشکل نشان می‌دهد، ممکن است برای کاهش مشکل به تمرین در «آزمون‌های چرخش ذهنی» رایج نیاز داشته باشد، درحالی‌که دانش‌آموزی که برای درک تفاوت بین ساختار دوم و سوم پروتئین تلاش می‌کند، ممکن است به طور قابل توجهی از خواندن ERها و متن همراهی که تفاوت ها را به‌صورت بصری نشان می دهد بهره مند شود (Shulman,۱۹۸۶). براین اساس، تاکید می شد که معلمان دانش مفهومی معرفی‌شده توسط هر ER را برای دانش‌آموزان روشن کنند. مربیان باید

برای دانش‌آموزان توضیح دهند و روشن کنند که ER چه دانش مفهومی خاصی را نشان می‌دهد و چه چیزی را نشان نمی‌دهد. در کلاس درس، معلمان همچنین می توانند هدف ER و درک مفهومی آن را برای دانش‌آموزان توضیح دهند. علاوه بر این، به دلیل ماهیت انتزاعی و گاه ناآشنای بیوشیمی، مربیان همچنین می‌توانند از قیاس‌های مختلف (مانند «قفل و کلید» در مقابل «تناسب ناشی از آن») استفاده کنند(Lowe, ۲۰۰۳).

نتیجه‌گیری

اهمیت آموزشی سواد بصری و تجسم در آموزش برای مدت طولانی نادیده گرفته شده است. باتوجه‌به تنوع زیاد و ماهیت اغلب گیج‌کننده ER هایی که در دروس زیست‌شناسی استفاده می‌شوند و مشکلات مفهومی شناسایی‌شده توسط محققان، دانش‌آموزان به‌وضوح به سطح بالایی از سواد بصری برای مطالعه و تحقیق نیاز دارند. بااین‌حال، ازآنجایی‌که تحقیقات آموزش علوم نشان داده است که دانش‌آموزان لزوماً به طور خودکار سواد بصری را در طول آموزش عمومی زیست‌شناسی به دست نمی‌آورند، آموزش و ارزیابی صریح این نوع دانش ضروری به نظر می‌رسد و آموزش سواد بصری باید بخشی از برنامه درسی زیست‌شناسی باشد (Lowe, ۲۰۰۳).

علی‌رغم طیف گسترده‌ای از ERهای بالقوه گیج‌کننده موجود برای تجسم پدیده‌های بیوشیمیایی، تحقیقات کمی درمورد بررسی اثربخشی واقعی درک مفهومی دانش‌آموزان در مباحث سلولی مولکولی و بیوشیمی انجام نشده است و داده‌های تجربی کمی در مورد اثربخشی مطلق یا نسبیِ این مواد برای آموزش سواد سه‌بعدی وجود دارد. ناکامی اثربخشی چنین بسته‌هایی عمدتاً به این دلیل است که کارشناسان، دبیران، نویسندگان کتاب‌های درسی، و طراحان گرافیک کامپیوتری، ساده‌لوحانه تصور می‌کنند که آنچه به‌عنوان ابزار آموزشی برای درک یادگیری معرفی می‌شود برای تجسم و درک پدیده‌های مولکولی در میان تازه‌کارها مناسب است. درحالی‌که، تحقیقات گسترده آموزش علوم نشان داده است که اغلب اختلافات زیادی بین توانایی‌های متخصصان و تازه‌کارها برای تفسیر و یادگیری ER ها وجود دارد. این موضوع به این دلیل است که کارشناسان نسبت به افراد تازه‌کار تمایل دارند دانش مفهومی و سواد بصری بیشتری داشته باشند و مهارت‌های تجسم پیشرفته‌تری (مثلاً مهارت‌های تصویرخوانی و مهارت‌های تجسم فضایی) داشته باشند (Offerdahl, Arneson, & Byrne, ۲۰۱۷).

آموزش سواد بصری باید دانش‌آموزان را از ماهیت و حالت‌های ERهای مورداستفاده در آموزش و تحقیق زیست‌شناسی سلولی مولکولی و بیوشیمی آگاه کند و شامل طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های آموزشی و یادگیری با هدف توسعه دانش و مهارت‌های آنها برای تجسم ERها باشد. همچنین، برای اطمینان از اینکه برنامه درسی دوره به‌خوبی طراحی شده است، پیشنهاد

می‌شود فعالیت‌های تدریس و یادگیری با تحقیق در مورد تجسم، و سواد بصری مرتبط باشد. موضوع سواد بصری علمی بین‌رشته‌ای است و دنیای مدرن را درگیر می‌کند. محققان رشته‌هایی که در تجسم‌سازی تخصص دارند؛ از جمله آموزش علوم، روان‌شناسی شناختی، علوم‌شناختی، علوم رایانه و حتی هنر گرافیک و مطالعات رسانه‌ای، درگیر این تحقیقات شده و هستند. ضروری است که محققان اثربخشی ERهای مورداستفاده در آموزش و یادگیری را بررسی کنند. در این راستا، ماهیت ER نیز می‌تواند تأثیر زیادی بر فرایند تجسم داشته باشد؛ بنابراین نیاز مبرمی به غربالگری همه ERها برای اثربخشی آنها به‌عنوان ابزارهای آموزشی و یادگیری وجود دارد.

به طور خلاصه، سواد بصری و تجسم به‌وضوح بیش از هر زمان دیگری برای آموزش بیوشیمی اهمیت پیدا کرده است؛ به‌خصوص که تصاویر بیشتر و بیشتر به منابع آموزشی سرازیر می‌شوند؛ بنابراین حیاتی است که مربیان جامعه بین‌المللی بیوشیمی گام‌های مناسبی برای آموزش رسمی مهارت‌های تجسم و سواد بصری به‌عنوان بخشی از برنامه درسی زیست‌شناسی بردارند.

منابع

- Astuti, A. P., Mawarsari, V. D., Purnomo, H., & Sediyono, E. (2020). The use of augmented reality-based learning media to develop the technology literacy of chemistry teachers in the 21st century. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Bohinski, R. C., Melius, P., & Friedman, M. E. (1987). Modern concepts in biochemistry (Vol. 76): Allyn and Bacon Boston.
- Firat, E. E., Joshi, A., & Laramee, R. S. (2022). Interactive visualization literacy: The state-of-the-art. Information Visualization, 310-285 ,(3)21.
- Gräber, W., Nentwig, P., Becker, H.-J., Sumfleth, E., Pitton, A., Wollweber, K., & Jorde, D. (2001). Scientific literacy: From theory to practice. Research in science education-past, present, and future, 70-61.
- Hull, T. L. (2003). Students› use of diagrams for the visualisation of biochemical processes.
- Kähkönen, A.-L., Sederberg, D., Viiri, J., Lindell, A., & Bryan, L. (2020). Finnish Secondary Students' Mental Models of Magnetism. Nordic Studies in Science Education, 120-101 ,(1)16.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. Learning and instruction, 176-157 ,(2)13.

- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. Learning and instruction, ,(2)13 139-125.
- Offerdahl, E. G., Arneson, J. B., & Byrne, N. (2017). Lighten the load: Scaffolding visual literacy in biochemistry and molecular biology. CBE—Life Sciences Education, 1)16), es1.
- Paivio, A. (1990). Mental representations: A dual coding approach: Oxford university press.
- Pande, P. (2021). Learning and expertise with scientific external representations: an embodied and extended cognition model. Phenomenology and the Cognitive Sciences, 482-463 ,(3)20.
- Russell, A., Netherwood, G., & Robinson, S. A. (2004). Photosynthesis in silico. Overcoming the challenges of photosynthesis education using a multimedia CD-ROM. Bioscience Education, 14-1 ,(1)3.
- Schnotz, W., & Lowe, R. (2003). External and internal representations in multimedia learning. Introduction. Learning and instruction, 123-117 ,(2)13.
- Schonborn, K., & Anderson, T. (2004). Conceptual and visualization difficulties with the interpretation of diagrams and images in biochemistry. Paper presented at the FASEB JOURNAL.
- Sensen, C. W. (2003). From model organisms to organismal models: visualizing complex genomic datasets. Biosilico, 26-23 ,(1)1.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational researcher, 14-4 ,(2)15.
- Szuba, A. B. (2021). A Comprehensive Investigation and Intervention for Understanding Structure, Forces, and Representations. University of Illinois at Chicago,
- Wikandari, R., Putro, A. W., Suroto, D. A., Purwandari, F. A., & Setyaningsih, W. (2021). Combining a flipped learning approach and an animated video to improve first-year undergraduate students' understanding of electron transport chains in a biochemistry course. Journal of Chemical Education, 2242-2236 ,(7)98.
- Zhang, J., & Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. Cognitive science, 122-87 ,(1)18.

The importance of spatial visualization and visual literacy in teaching molecular cell biology and biochemistry topics in high school biology textbooks

Firoozeh Alavian[1] *

Abstract

Visualization is an essential skill for all students and biologists studying and researching molecular cell biology and biochemistry. In this study, the nature and importance of visualization in the teaching of molecular cell and biochemistry topics in high school textbooks are discussed. The argument is that students should be explicitly taught visual literacy and visualization skills as essential components of biology courses. The current review research was done using the library-document method. The desired information resources using the keywords of education, biology, molecular cell, biochemistry, visual literacy, and visualization; and were extracted from Science Direct, Google Scholar, and PubMed databases. The results showed that although a great variety of static, dynamic, and multimedia visual displays continue to flood schools with modern educational resources at an exponential rate, very little educational attention has been paid to visual literacy and visualization in biology education. In this article, based on selected research findings from other fields of science education and my own research experience in biology education, basic instructions are proposed to promote visualization and visual literacy among students who study in the experimental field.

Key words: Education, Molecular Cell biology, Biochemistry, Visual literacy, Visualization.

1 - * Associate Professor, Department of Biology, Farhangian University, Tehran, Iran. f.alavian@cfu.ac.ir