

مخبر

سرشناسه: چرچز، ریچارد-Churches, Richard
عنوان و نام پدیدآور: علم شناخت مغز برای آموزگاران/ نویسنده ریچارد چرچز، النور دامت، ایان دون شایر؛ مترجم بهرام درخشاندزاده.
مشخصات نشر: تهران: کلید آموزش، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری: ۲۵۱ ص.: مصور، جدول.
شابک: ۵-۷۵۲-۲۷۴-۶۰۰-۹۷۸:

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: عنوان اصلی: Neuroscience for Teachers : Applying research evidence from brain science, 2017.

موضوع: عصب پایه شناسی شناختی-Cognitive neuroscience
یادگیری -- جنبه های فیزیولوژیکی-Physiological aspects -- Learning
حافظه -- جنبه های فیزیولوژیکی-Physiological aspects -- Memory
معلمان -- روابط با شاگردان -- جنبه های روان شناسی
Teacher-student relationships -- Psychological aspects
روان شناسی شناختی-Cognitive psychology
فراشناخت در نوجوانان-Metacognition in adolescence
فراشناخت در کودکان-Metacognition in children
شناسه افزوده: دامت، النور - Dommett, Eleanor
شناسه افزوده: دونشیر، ایان - Devonshire, Ian
شناسه افزوده: درخشاندزاده، بهرام، - مترجم
رده بندی کنگره: QP۳۶۰/۵
رده بندی دیویی: ۶۱۲/۸۲۳۳
شماره کتابشناسی ملی: ۱۰۱۸۴۲۵۳

علم شناخت مغز برای آموزگاران



نویسنده: ریچارد چرچز-النور دامت-ایان دون شایر

مترجم: بهرام درخشاندزاده

ناشر: کلید آموزش

طراح جلد: زهرا سلطانی

صفحه آرا: زهرا قرانی

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۴

شابک: ۵-۷۵۲-۲۷۴-۶۰۰-۹۷۸

قیمت: ۳۵۰ هزار تومان

مرکز پخش: ۰۲۱-۶۶۴۱۹۷۳۲

آدرس: تهران- خیابان ۱۲ فروردین- روبه روی انستیتو پاستور- بن بست فتوره چی- پلاک ۱۰

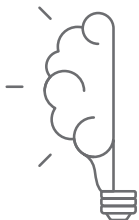
[illegible]

فهرست

مقدمه	۷
فصل اول: عصب‌شناسی در کلاس درس - اصول و عمل	۱۱
چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟	۱۲
علوم اعصاب چیست؟	۱۴
دستگاه عصبی دقیقاً چیست؟	۱۵
مغز انسان چه شکلی است؟	۱۶
تقسیم‌بندی‌های مختلف مغز	۱۷
مغز چطور کار می‌کند؟	۱۸
مغز چطور اطلاعات را پردازش می‌کند؟	۱۹
نورون‌ها چطور سیگنال‌ها را منتقل می‌کنند؟	۱۹
ارتباطات الکتریکی و شیمیایی در مغز	۲۲
پژوهش‌های علوم اعصاب روی مغز	۲۳
تکنیک‌هایی که در علوم اعصاب استفاده می‌شوند	۲۵
تصویربرداری از مغز در انسان‌ها	۲۶
تحقیقات در تدریس ریاضی	۳۰
گام‌های بعدی	۳۴
توجه، یادگیری و حافظه	۳۵
فصل دوم: یادگیری و به‌خاطر‌سپاری	۳۵
چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟	۳۶
دیدگاه علوم اعصاب درباره یادگیری و حافظه	۳۸
ساختن ارتباط در کلاس	۳۹
توجه و تمرکز از نگاه علوم اعصاب	۴۱
رشد توجه در کودکان	۴۲
فرایندها و ساختارهای حافظه	۵۰
ترکیب حافظه فعال و تعامل اجتماعی	۶۰
ساختار حافظه بلندمدت	۶۳
چطور روش تدریس شما می‌تواند به یادگیری عمیق‌تر کمک کند؟	۷۳
فصل سوم: فراشناخت	۸۵
چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟	۸۶
ویژگی‌های کلیدی فراشناخت	۸۸
فراشناخت و توانایی ذهنی	۹۵

۹۸	مغز چطور درباره فکر کردن فکر می‌کند؟
۱۰۶	یک منوی فراشناختی
۱۱۵	فضای کلاس، استرس و انگیزه
۱۱۵	فصل چهارم: عواطف و یادگیری
۱۱۶	چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟
۱۱۷	خلق و خو و هیجان
۱۱۸	انواع هیجان
۱۲۰	علوم اعصاب و هیجان
۱۲۳	عوامل مؤثر بر خلق و خو و هیجانات
۱۲۶	مدیریت حال و هوای دانش‌آموزان در کلاس
۱۲۹	بدن در موقعیت‌های پرسترس
۱۳۱	پاسخ بدن به استرس
۱۳۳	عوامل اثرگذار بر تأثیر استرس بر یادگیری
۱۳۵	مدیریت استرس در کلاس درس
۱۴۱	انگیزه برای یادگیری
۱۴۶	استفاده از «ریسک» برای افزایش انگیزه در کلاس درس
۱۵۰	گام‌های بعدی
۱۵۱	فصل پنجم: تفاوت‌های فردی در کلاس درس
۱۵۲	چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟
۱۵۳	تفاوت‌های فردی و علوم اعصاب
۱۵۴	علوم اعصاب و عملکرد استثنایی
۱۶۵	تأثیر وراثت و محیط - بخش اول
۱۶۶	علوم اعصاب و اختلالات خاص یادگیری
۱۶۷	اختلال کم‌توجهی - بیش‌فعالی (ADHD)
۱۷۲	خوانش پریشی
۱۷۵	اختلال اوتیسم
۱۸۰	تأثیر وراثت و محیط - بخش دوم
۱۸۳	گام‌های بعدی
۱۸۵	فصل ششم: مغز نوجوانان
۱۸۶	چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟
۱۸۸	فشار همسالان
۱۹۸	بلوغ: آغازگر تغییرات مهم در مغز نوجوان
۱۹۹	تصمیم‌گیری در نوجوانان
۲۰۰	آینده‌نگری نوجوانان
۲۰۵	ریسک‌پذیری در نوجوانان
۲۰۹	گام‌های بعدی

فصل هفتم: شگفتی‌هایی از روان‌شناسی شناختی و علوم اعصاب.....	۲۱۱
چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟	۲۱۲
«سختی‌های مفید» یعنی چه؟	۲۱۳
تغییر روش تدریس: چرا تنوع در شرایط یادگیری می‌تواند مفید باشد.....	۲۱۶
در نظر گرفتن زمان برای فراموشی با استفاده از یادگیری فاصله‌دار	۲۱۸
آزمون به عنوان ابزاری برای یادگیری، نه فقط سنجش.....	۲۲۱
درهم‌آمیختن محتوا	۲۲۸
اثر تولید: واداشتن دانش‌آموزان به تولید پاسخ توسط خودشان	۲۲۹
گام‌های بعدی	۲۳۲
فصل هشتم: نتیجه‌گیری	۲۳۵
چرا باید درباره این موضوع بیشتر بدانیم؟	۲۳۶
انواع مختلف پژوهش	۲۳۷
از اینجا به بعد چه باید کرد؟	۲۴۱
واژه‌نامه	۲۴۴



مقدمه

هیچ وقت نمی توانم احساس بدی که از دوران تحصیلم در مدرسه داشتم را از یاد ببرم؛ روزهایی را که در کلاس درس می نشستیم و با تمام وجود تلاش می کردم بیشتر درس بخوانم تا نمرات بهتری بگیرم؛ ولی هر چه تلاش می کردم بی فایده بود. نه اینکه درس نخوانم یا بی علاقه باشم، نه. فقط انگار ذهنم با کلاس همراه نمی شد. سر کلاس مدام حواسم پرت می شد و توجه به صحبت های معلم برایم غیرممکن بود. درس خواندن برایم بسیار سخت بود و هر چه می خواندم به سرعت فراموش می کردم. بارها با خودم فکر کرده بودم که لابد مغزم ایراد دارد یا آدم باهوشی نیستم. این فکرها کم کم به باوری تبدیل شدند که تا سال ها با من ماند؛ باوری که می گفت: «من یادگیرنده ضعیفی هستم.»

۱۲ سال تحصیل در مدرسه تمام شد و وارد دانشگاه شدم. آن جا بود که کم کم با دنیای تازه ای آشنا شدم. دنیای مغز، یادگیری، علوم اعصاب و آموزش. هر چه بیشتر در مورد مغز یاد می گرفتم، بیشتر متوجه شدم که مشکل از من نبوده. متوجه شدم که تمام این مدت به اشتباه انگشت اتهام را به سمت خودم گرفته بودم در حالی که من یک دانش آموز عادی و بدون مشکل بودم و مشکل اصلی سیستم آموزشی و روش تدریس معلمان بوده.

واقعیت این است که سیستم آموزشی ما، بدون شناخت از مغز دانش آموز، روش هایی را استفاده می کند که با چگونگی عملکرد مغز همخوان نیستند. ما به همه بچه ها با یک روش آموزش می دهیم، بدون آن که توجه کنیم که هر مغز، مثل یک اثر انگشت، منحصر به فرد است.

اینجا بود که هدف اصلی ام را پیدا کردم. تصمیم گرفتم به عنوان یک معلم؛ در طول سال های خدمتم تمام تلاشم را به کار بگیرم تا سیستم آموزشی را تغییر دهم. شروع به مطالعه در مورد روش های نوین آموزشی و همچنین شیوه کار سیستم های آموزشی برتر دنیا کردم. می خواستم پلی باشم بین علم و کلاس. بین آنچه در دانشگاه ها و آزمایشگاه ها کشف می شود و آنچه در کلاس های شلوغ مدرسه اتفاق می افتد. تصمیم گرفتم هر چیزی که درباره مغز و یادگیری می آموزم، به زبان

ساده، قابل فهم و کاربردی در اختیار دیگر معلم‌ها هم بگذارم. چون باور دارم به تنهایی هرگز قادر به تغییر سیستم آموزشی نخواهم بود.

در این سال‌ها کتاب‌ها و مقالات زیادی درباره مغز، علوم اعصاب و شیوه‌های آموزش مطالعه کردم که بیشترشان به زبان انگلیسی بودند و متأسفانه تعداد کمی از آن‌ها به فارسی ترجمه شده بودند. بعضی از آن‌هایی هم که ترجمه شده بودند، یا نثر خشک و نامفهومی داشتند یا آن قدر به فرهنگ و نیاز معلمان ایرانی بی توجه بودند که کارایی لازم را نداشتند. همین موضوع انگیزه اصلی من برای ترجمه این کتاب شد.

کتاب Neuroscience for Teachers یکی از ارزشمندترین منابعی بود که خواندم. کتابی علمی، دقیق، ولی در عین حال بسیار کاربردی برای معلمان. این کتاب برخلاف خیلی از کتاب‌های علمی دیگر، فقط به بیان نظریه‌ها بسنده نمی‌کند؛ بلکه تلاش می‌کند ارتباط مستقیم بین یافته‌های علوم اعصاب و عمل کرد معلم در کلاس درس را روشن کند. به ما نشان می‌دهد مغز چطور یاد می‌گیرد، چه چیزهایی باعث می‌شود بهتر یاد بگیریم، چه عواملی مانع یادگیری می‌شوند و از همه مهم‌تر، معلم چطور می‌تواند با دانستن این نکات، تدریس مؤثرتری داشته باشد.

در طول چندین سال آموزه‌های این کتاب را به شکل دوره‌های آموزشی، ویدیوها و پادکست‌ها به معلمان آموزش دادم. این آموزش‌ها به شدت مورد علاقه معلمان واقع شد و به همین دلیل تصمیم گرفتم این کتاب را به زبان فارسی روان ترجمه کنم.

در این ترجمه سعی کرده‌ام زبان را تا حد ممکن ساده، روان و قابل فهم نگه دارم. طوری که هر معلمی، حتی اگر پیش زمینه‌ای از علوم اعصاب نداشته باشد، بتواند مطالب را به راحتی درک کند و مهم‌تر از آن، در کلاس به کار بگیرد.

در جاهایی از کتاب، مفاهیم علمی یا اصطلاحات تخصصی ممکن است برای مخاطب گنگ و نامفهوم باشند. در این موارد سعی کرده‌ام توضیحات تکمیلی ارائه دهم یا مثال‌هایی بیاورم که برای معلمان ایرانی ملموس و قابل درک باشد. حتی سعی کرده‌ام بعضی مثال‌ها را به شکلی بومی سازی کنم تا خواننده احساس نکند که با کتابی روبه روست که فقط در کلاس‌های اروپایی یا آمریکایی کاربرد دارد. این کتاب می‌تواند در مدرسه شما، با دانش آموزان شما، در همین کشور، مؤثر باشد.

مخاطب اصلی این کتاب همه معلم‌ها هستند؛ از معلمان با سابقه زیاد گرفته تا معلمان تازه کار، از مربیان و دانشجو معلم‌ها تا کسانی که به دنبال به روزرسانی دانش خود در زمینه یادگیری هستند. اگر شما هم مثل من به این نتیجه رسیده‌اید که بچه‌ها به روش‌های بهتر، انسانی‌تر و علمی‌تری برای یادگیری نیاز دارند، این کتاب برای شماست.

امیدوارم خواندن این کتاب، برای شما هم به اندازه من الهام بخش و مفید باشد. اگر بعد از خواندن آن، حتی یک لحظه در کلاس، با نگاهی متفاوت تر به رفتار یک دانش آموز یا شیوه تدریس خودتان فکر کردید، من تلاش خودم را موثر می دانم.

از صمیم قلب امیدوارم روزی برسد که هر معلمی به ابزارهای علمی و دانش کافی برای شناخت مغز و یادگیری دسترسی داشته باشد. چون ما در کلاس هایمان فقط درس نمی دهیم؛ ما در حال شکل دادن به مغزها، ذهن ها، آینده ها و زندگی ها هستیم.

با احترام و امید
بهرام درخشانزاده
فروردین ۱۴۰۴

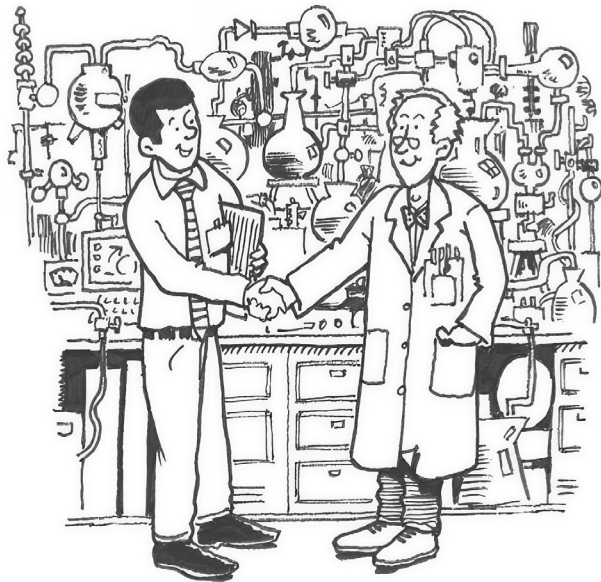


فصل اول:

عصب‌شناسی در کلاس درس - اصول و عمل

در پایان این فصل، شما خواهید فهمید که:

- ◀ علوم اعصاب^۱ چیست و مغز چطور اطلاعات را پردازش می‌کند.
- ◀ دانشمندان علوم اعصاب چه نوع تحقیقاتی انجام می‌دهند.
- ◀ روابط فعلی بین معلمان و عصب‌شناسان چگونه است.
- ◀ چطور می‌شود بین آموزش و علوم اعصاب پل زد.



چرا باید این موضوع را یاد بگیریم؟

تا به حال شده وقتی تدریس می‌کنی، به این فکر کنی که در مغز شاگردانت چه اتفاقی می‌افتد؟ یا اینکه آیا دانستن این موضوع می‌تواند روش تدریس را بهتر کند؟ احتمالاً همین حس کنجکاوی باعث شده این کتاب را بخوانی و خبر خوب این است که تنها نیستی!

بنیاد Wellcome Trust اخیراً گزارشی منتشر کرده به اسم «چطور علوم اعصاب بر آموزش تأثیر می‌گذارد»^۱ که شامل نتایج چندین نظرسنجی از معلمان و والدین است. در یکی از این نظرسنجی‌ها که بیش از ۱۰۰۰ معلم شرکت داشتند:

◀ بیش از ۹۰٪ معلمان گفتند آشنایی‌شان با علوم اعصاب بر شیوه‌ی تدریستان تأثیر گذاشته.^۲

◀ ۸۰٪ اعلام کردند که حاضرند با عصب‌شناسان در پروژه‌های آموزشی همکاری کنند.

◀ (چیزی که این روزها دارد بیشتر و بیشتر اتفاق می‌افتد.)

با این حال، فقط ۲۵٪ از معلمان گفتند اطلاعات خوبی یا نسبتاً خوبی درباره‌ی علوم اعصاب دارند. یعنی خیلی از معلمان می‌دانند که روش تدریس فعلی‌شان به دست آمده از دانشی است که علاوه بر اینکه محدود بوده؛ در بسیاری از مواقع حتی ممکن است نادرست باشد. یکی از دلایلی که ما این کتاب را نوشتیم، همین بود: کمک کنیم این شکاف پر شود. از طرفی، تجربه‌ی خودمان نشان می‌دهد که یاد گرفتن درباره‌ی مغز، یکی از هیجان‌انگیزترین انواع توسعه‌ی حرفه‌ای برای معلمان است - چیزی که خیلی‌ها از آن لذت می‌برند.

چطور آشنایی با علوم اعصاب می‌تواند تدریس شما را بهتر کند؟

ما فکر می‌کنیم روش تدریس آموزگاران می‌تواند با آشنایی بیشتر با علوم اعصاب در این دو حوزه‌ی خاص بهتر شود:

۱. درک بهتر از فرایند یادگیری و تدریس

دانستن اینکه مغز چطور اطلاعات و مهارت‌ها را یاد می‌گیرد، می‌تواند طرز تدریس شما را تغییر بدهد هم برای اینکه دانش‌آموزانتان بهتر یاد بگیرند و هم حتی یادگیری خودتان و این فقط محدود به یادگیری نیست. علوم اعصاب می‌تواند درباره‌ی چیزهای دیگری هم به ما اطلاعات بدهد، مثل: انگیزه^۳، خلق و خوی^۴ یا حتی این که چرا نوجوان‌ها گاهی طوری رفتار می‌کنند که به نظر می‌رسد انگار از یک سیاره‌ی دیگر آمده‌اند!

1. Simmonds, 2014

2. Simmonds, 2014

3. Motivation

4. Mood

۲. پایه‌ی نظری قوی‌تر برای روش‌های تدریس

آشنایی با علوم اعصاب کمک می‌کند:

برای روش‌های کلاس درستان قاعده‌ی علمی داشته باشید - چه روش‌های سنتی، چه روش‌های جدید. همچنین بتوانید محصولات آموزشی موسوم به «مبتنی بر مغز»^۱ را بهتر ارزیابی کنید. این خیلی مهم است، چون امروزه بازار پر شده از محصولاتی که فقط با چند اصطلاح علمی ظاهرشان را جذاب می‌کنند ولی واقعیت پشتشان علمی نیست. اگر با شواهد علوم اعصاب آشنا باشی، راحت می‌توانی این ادعاهای توخالی را شناسایی کنی. بعلاوه، درک بهتر از نحوه‌ی کار حافظه به تو کمک می‌کند طوری درس بدهی که ذهن شاگردان دچار بار اضافی اطلاعات^۲ نشود موضوعی که در فصل دوم کتاب حسابی درباره‌اش صحبت خواهیم کرد.

در ضمن، در بخش ایستگاه پژوهشی ۱-۱ یک نمونه‌ی واقعی می‌بینی که چطور نظریه‌های علوم اعصاب برای طراحی مداخلات آموزشی در کلاس درس استفاده شده‌اند و چطور می‌توان کارایی این مداخلات را با تحقیقات علمی بررسی کرد.

ایستگاه پژوهشی ۱-۱: ابتکار آموزش و علوم اعصاب بنیاد Wellcome Trust

در سال ۲۰۱۴، بنیاد Wellcome یک طرح جدید را با همکاری بنیاد EEF راه‌اندازی کرد تا بررسی کند چطور می‌توان شش حوزه‌ی مختلف از کاربردهای علوم اعصاب در آموزش را توسعه داد؛ حوزه‌هایی که این پتانسیل را دارند که در مدارس قابل پیاده‌سازی و مقرون به صرفه باشند. در زمانی که این کتاب به چاپ می‌رسد، نتایج کامل این مطالعات هنوز منتشر نشده، چون آزمایش‌ها همچنان در جریان هستند. با این حال، خود موضوعات این پروژه‌ها ارزش اشاره کردن دارند، چون نشان می‌دهند که علوم اعصاب چطور می‌تواند به بخش‌های مختلف آموزش کمک کند. پروژه‌هایی که در این برنامه دنبال می‌شوند عبارتند از:

۱. آماده برای درس^۳

بررسی این موضوع که آیا ورزش می‌تواند پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان را بهتر کند یا نه.

۲. یادگیری فاصله‌دار^۴

یک روش آموزشی که در آن دوره‌های فشرده‌ی مطالعه با بخش‌های کوتاهی از فعالیت‌های انحرافی ترکیب می‌شود. (این موضوع را در فصل هفتم مفصل‌تر بررسی خواهیم کرد. گزارش آزمایشی آن هم در EEF، موجود است.)

1. Brain-based

2. Cognitive Overload

3. Fit for Study

4. Spaced Learning

۳. خواب نوجوانان^۱

این پروژه اثر آموزش درباره‌ی خواب بر پیشرفت تحصیلی را بررسی می‌کند. برنامه‌ی خواب نوجوانان شامل آموزش معلم‌ها برای تدریس درس‌هایی درباره‌ی اهمیت خواب خوب، ایجاد روتین‌های سالم و تکنیک‌های مدیریت استرس به دانش‌آموزان است.

۴. یادگیری مفاهیم غیرمستقیم^۲

در این پروژه روش‌هایی بررسی می‌شود که کمک می‌کند بچه‌ها هنگام یادگیری مفاهیم جدید در ریاضی و علوم، بتوانند دانش قبلی اشتباهشان را مهار یا کنار بگذارند.

۵. بازی GraphoGame Rime^۳

بررسی یک برنامه‌ی بهبود سوادآموزی مبتنی بر آواشناسی^۴ که از قافیه و هم‌آوایی استفاده می‌کند.

۶. فعال کردن سیستم پاداش مغز^۵

بررسی استراتژی‌های پاداش‌دهی در کلاس‌های درس علوم دبیرستان. در این پروژه سه روش مختلف مقایسه می‌شوند:

■ سوالات مبتنی بر بازی با پاداش‌های غیرقطعی (یعنی معلوم نیست برنده چه پاداشی می‌گیرد)

■ سوالات تستی با پاداش‌های مشخص

■ تدریس معمولی معلم بدون پاداش خاص

ابتکار آموزش و علوم اعصاب Wellcome Trust الان در حال گسترش است: آنها قصد دارند منابع آموزشی جدیدی را برای معلمان توسعه بدهند و فرصت‌های نوآورانه‌ای برای رشد حرفه‌ای آن‌ها فراهم کنند.

یکی از این پروژه‌ها هم‌کاری مستقیمی است بین ما و بنیاد Wellcome برای اجرای مجموعه‌ای از آزمایش‌های کنترل‌شده که خود معلم‌ها هدایتشان می‌کنند و بر پایه‌ی نظریه‌های علوم اعصاب طراحی شده‌اند.

■ علوم اعصاب چیست؟

قبل از اینکه بخواهی بفهمی چطور می‌توانی از شواهد علوم اعصاب در تدریس استفاده کنی، مهم است که اول دقیقاً بدانی علوم اعصاب چیست.

خوشبختانه پاسخ به این سؤال ساده است: علوم اعصاب یعنی «علم مطالعه‌ی سیستم عصبی»^۵

1. Teensleep
2. Learning Counterintuitive Conception
3. Phonics
4. Engaging the Brain's Reward System
5. Nervous System

از اینجا به بعد، هر وقت می‌گوییم «علم» منظورمان دانشی است که از راه روش علمی^۲ به دست آمده است. (کمی جلوتر در همین فصل درباره‌ی روش علمی بیشتر توضیح می‌دهیم.) فعلاً فقط همین را بدانی کافی است که روش علمی فرایندی است برای طراحی و اجرای پژوهش که شامل مشاهده‌ی دقیق و تفسیر نتایج در چارچوب سوالات پژوهشی مشخص است. اگر زمینه‌ی تحصیلی‌ات در علوم بوده یا حتی فقط کمی یادت باشد که در مدرسه علوم چه چیزهایی می‌خواندی، باید بدانی که علوم اعصاب هم بر پایه‌ی اصول و تکنیک‌هایی از علوم اصلی مثل فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی ساخته شده است.

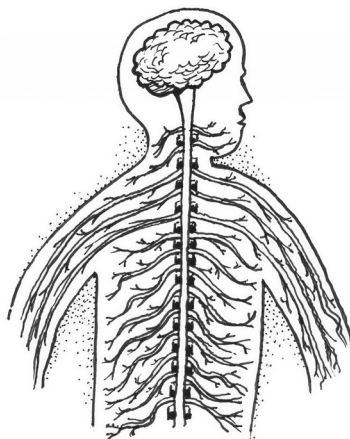
■ دستگاه عصبی دقیقاً چیست؟

حالا که با قسمت «علم» آشنا شدیم، بیایید ببینیم منظورمان از دستگاه عصبی چیست. شکل ۱-۱ یک نمودار ساده از دستگاه عصبی انسان را نشان می‌دهد:

- ◆ یک بخش مرکزی وجود دارد که شامل مغز و نخاع^۳ می‌شود.
- ◆ شاخه‌هایی که از آن بیرون زده‌اند و در سراسر بدن پخش شده‌اند.

به بخش مرکزی دستگاه عصبی مرکز^۴ می‌گویند و به بقیه‌ی رشته‌های عصبی که به اندام‌ها می‌روند دستگاه عصبی محیطی^۵ می‌گویند.

شکل ۱-۱: سیستم عصبی انسان



-
1. Science
 2. Scientific Method
 3. Spinal Cord
 4. Central Nervous System or CNS
 5. Peripheral Nervous System or PNS

تمرکز علوم اعصاب روی مغز

هرچند علوم اعصاب به طور فنی به کل دستگاه عصبی می‌پردازد، اما بیشتر پژوهش‌های عصب‌شناسان روی مغز متمرکز است و برای آموزش و یادگیری هم، مغز اهمیت بیشتری دارد؛ بنابراین در این کتاب بیشتر درباره‌ی مغز صحبت خواهیم کرد، نه همه‌ی دستگاه عصبی.

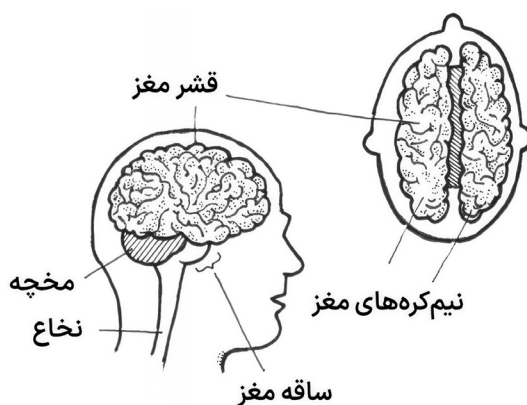
مغز انسان چه شکلی است؟

مغز انسان شبیه یک گردوی چروکیده است! سطح خارجی مغز را قشر مغز^۱ می‌نامند که پراز چین و شکنج است. در مهره‌داران، مغز به دو نیمکره‌ی بزرگ تقسیم شده که به آنها نیمکره‌های مغزی^۲ می‌گویند.

شکل ۱-۲ این تقسیم‌بندی را نشان می‌دهد.

این دو نیمکره که گاهی به صورت غیررسمی به آنها «مغز چپ» و «مغز راست» هم گفته می‌شود با یک شکاف از جلو تا عقب مغز از هم جدا شده‌اند. زیر قشر مغز، صدها ساختار دیگر هم وجود دارد که بعضی از آنها در تصویر قابل مشاهده‌اند.

شکل ۱-۲. مغز انسان به دو نیمکره با یک سطح بیرونی به نام قشر مغز تقسیم شده است.



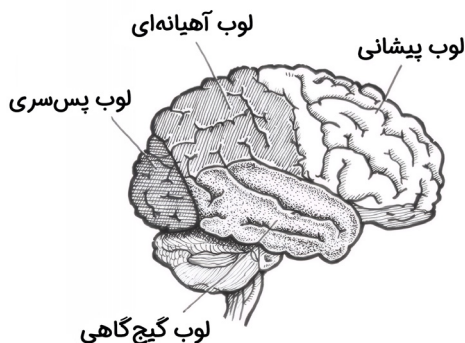
1. Cortex
2. Cerebral Hemispheres

تقسیم‌بندی‌های مختلف مغز

عصب‌شناسان مغز را براساس ساختارها و کارکردهایش به بخش‌های مختلف تقسیم کرده‌اند. یکی از ساده‌ترین تقسیم‌بندی‌ها، تقسیم هر نیمکره به چهار لوب^۱ مختلف است. شکل ۱-۳

- ◆ لوب پیشانی^۲: درست پشت پیشانی. مسئول رفتار، شخصیت، یادگیری و حرکت‌های ارادی.
- ◆ لوب آهیانه‌ای^۳: بالای سر. مسئول دریافت و پردازش اطلاعات حسی.
- ◆ لوب پس‌سری^۴: عقب سر. مرکز پردازش بینایی.
- ◆ لوب گیجگاهی^۵: دو طرف سر. عمدتاً در شنیدن، گوش دادن انتخابی و همچنین حافظه نقش دارد.

شکل ۱-۳. تقسیم مغز به چهار لوب



تقسیم‌بندی پیشرفته‌تر: نواحی برودمن^۶

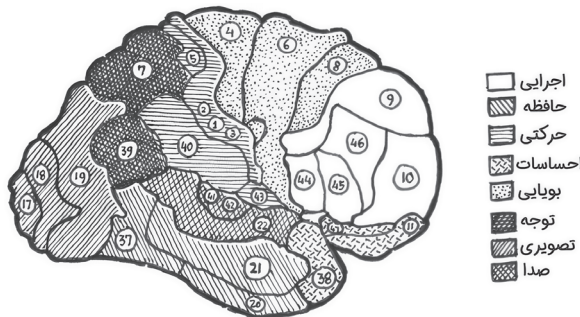
یک تقسیم‌بندی دقیق‌تر توسط یک کالبدشناس به نام کرینیان برودمن (Korbinian Brodmann) انجام شده است.

او قشر مغز را به ۵۲ ناحیه‌ی مختلف تقسیم کرد که فکر می‌کرد از نظر ساختار و کارکرد با هم تفاوت دارند.^۷

شکل ۱-۴ برخی از نواحی برودمن را نشان می‌دهد - البته چون تصویر از نمای جانبی است، همه‌ی ۵۲ ناحیه دیده نمی‌شوند. البته تقسیم‌بندی‌های دیگری هم برای مغز وجود دارد.

1. Lobes
2. Frontal Lobe
3. Parietal Lobe
4. Occipital Lobe
5. Temporal Lobe
6. Brodmann's Areas
7. Brodmann, 1909

شکل ۴-۱. تقسیم‌بندی‌های برادمن از قشر مغز



برای آموزش در کلاس درس، لازم نیست خیلی درگیر این تقسیم‌بندی‌های دقیق بشویم، چون مغز به صورت یکپارچه کار می‌کند. خوشحال باش که ما در این کتاب قصد نداریم زیاد وارد جزئیات عصب‌شناسی بشویم! البته در جاهایی که لازم باشد به بعضی ساختارهای کلیدی مغز اشاره خواهیم کرد و توضیحاتی کوتاه خواهیم داد.

■ مغز چطور کار می‌کند؟

وقتی می‌خواهیم بفهمیم مغز چطور کار می‌کند، اول باید از خودمان بپرسیم: مغز من چه کارهایی انجام می‌دهد؟

شاید جواب‌های زیادی به ذهنت برسد. برای مثال:

- ◆ باعث می‌شود بتوانیم حرکت کنیم.
 - ◆ اطلاعات حسی (مثل دیدن و شنیدن) را پردازش می‌کند.
 - ◆ کارکردهای حیاتی بدن مثل ضربان قلب را کنترل می‌کند.
 - ◆ به ما امکان برقراری ارتباط می‌دهد.
 - ◆ باعث می‌شود چیزها را به خاطر بسپاریم.
 - ◆ ما را به همان چیزی که هستیم تبدیل می‌کند.
- این آخری خیلی مهم است: امیدواریم وقتی این کتاب را می‌خوانی، بیشتر و بیشتر درک کنی که مغز هر انسان کاملاً منحصر به فرد است.

در واقع، خیلی از چیزهایی که درباره‌ی مغز می‌دانیم از مطالعه‌ی افرادی به دست آمده که آسیب‌های مغزی داشته‌اند؛ چون دیدن اینکه وقتی بخشی از مغز آسیب می‌بیند چه اتفاقی می‌افتد، به ما کمک کرده بفهمیم آن بخش چه کار می‌کرده.

■ مغز چطور اطلاعات را پردازش می‌کند؟

با توجه به کارهایی که مغز انجام می‌دهد، احتمالاً واضح است که مغز باید بتواند انواع مختلفی از اطلاعات را پردازش و ذخیره کند.

برای انجام این کار، مغز انسان بزرگسال (که حدود ۱.۵ کیلوگرم وزن دارد)^۱ شامل حدود ۱۷۰ میلیارد سلول اختصاصی است.^۲

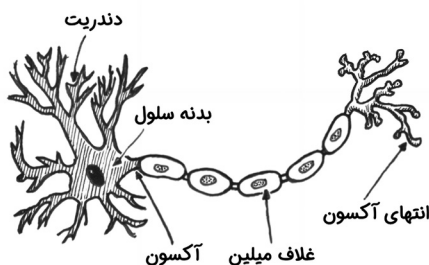
مهم‌ترین این سلول‌ها برای ما، نورون‌ها^۳ هستند:

◆ در مغز یک انسان بزرگسال حدود ۸۶ میلیارد نورون وجود دارد.^۴

◆ نورون‌ها مسئول انتقال بیشتر سیگنال‌ها در سراسر دستگاه عصبی هستند.

ساختار دقیق نورون‌ها ممکن است متفاوت باشد، ولی همگی یک سری ویژگی‌های مشترک دارند. شکل ۱-۵ این ویژگی‌های مشترک را نشان می‌دهد.

شکل ۱.۵. ویژگی‌های رایج نورون‌ها



■ نورون‌ها چطور سیگنال‌ها را منتقل می‌کنند؟

ساختار نورون‌ها طوری طراحی شده که بتوانند سیگنال‌ها را خیلی کارآمد ارسال کنند. آنها این کار را از دو طریق انجام می‌دهند:

۱. انتقال سیگنال الکتریکی

نورون‌ها می‌توانند یک سیگنال الکتریکی ایجاد و آن را در طول آکسون^۵ خودشان منتقل کنند.

1. Azevedo et al., 2009: 535

2. Herculano-Houzel, 2009: 6

3. Neurons

4. Azevedo et al., 2009: 535

5. Axon

بعضی وقت‌ها به این سیگنال می‌گویند **ضربه‌ی عصبی**^۱ یا **شلیک نورونی**^۲ اما اصطلاح درست‌تر برایش **پتانسیل عمل**^۳ است. این سیگنال از **بدنه‌ی سلول**^۴ شروع می‌شود و به سمت **انتهای آکسون**^۵ حرکت می‌کند. سرعت حرکت این سیگنال می‌تواند تا ۱۲۰ متر در ثانیه برسد - یعنی حدود ۲۶۸ مایل در ساعت!^۶

روی آکسون، یک لایه‌ی خاص از چربی به نام **میلین**^۷ پیچیده شده که کمک می‌کند سیگنال‌ها سریع‌تر منتقل شوند. (در فصل ششم بیشتر درباره‌ی اهمیت میلین در مغز نوجوانان صحبت خواهیم کرد)

۲. ارتباط شیمیایی با نورون‌های دیگر

روش دوم ارتباط نورون‌ها از طریق اتصال با نورون‌های مجاور است.

◆ هر نورون هزاران اتصال با نورون‌های دیگر دارد.

◆ این ارتباط معمولاً با استفاده از **سیگنال‌های شیمیایی** انجام می‌شود.

وقتی پتانسیل عمل به انتهای آکسون می‌رسد: باعث آزاد شدن **موادی شیمیایی** به نام **نوروترنسمیترها**^۸ می‌شود. این مواد به مولکول‌های خاصی روی نورون کناری به نام **گیرنده‌ها**^۹ می‌چسبند.

این فرآیند باعث ایجاد یک بار الکتریکی جدید در نورون بعدی می‌شود که می‌تواند پتانسیل عمل دیگری ایجاد کند و به این ترتیب سیگنال ادامه پیدا می‌کند.

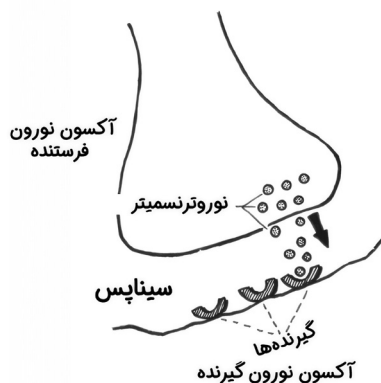
گیرنده‌ها روی شاخه‌هایی از نورون به نام **دندریت‌ها**^{۱۰} قرار دارند، بخشی از سلول که پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند فعال‌تر از چیزی است که قبلاً فکر می‌کردیم.

(در بخش ایستگاه پژوهشی ۲-۱ بیشتر درباره‌ی این موضوع صحبت خواهیم کرد)

فاصله‌ی کوچکی که نوروترنسمیترها از آن عبور می‌کنند را **سیناپس**^{۱۱} می‌نامند. (شکل ۶-۱ این فرایند را نشان می‌دهد)

1. Nerve Impulse
2. Neuronal Firing
3. Action Potential
4. Cell Body
5. Axon Terminals
6. Elmslie, 2010
7. Myelin
8. Neurotransmitters
9. Receptors
10. Dendrites
11. Synapse

شکل ۶-۱. انتقال سیگنال‌ها از طریق شکاف سیناپسی بین دو نورون



ایستگاه پژوهشی ۲-۱: دندریت‌ها خیلی بیشتر از چیزی که فکر می‌کنیم کار می‌کنند

یک پژوهش جدید، اطلاعات جالب و تازه‌ای درباره‌ی نورون‌ها نشان داده است و همزمان یادآور می‌شود که پژوهشگران علوم اعصاب تقریباً هر روز در حال پیشرفت‌های بزرگ هستند. قبلاً عصب‌شناسان فکر می‌کردند که **بدنه‌ی سلول**^۱ اصلی‌ترین جایی است که سیگنال‌های الکتریکی آغاز می‌شود. اما حالا مشخص شده که **دندریت‌ها** هم می‌توانند این کار را انجام بدهند و حتی ممکن است تا **۱۰ برابر بیشتر** از بدنه‌ی سلول، سیگنال تولید کنند! این کشف، دیدگاه قدیمی علم را کاملاً به هم زده؛ چون قبلاً تصور می‌شد دندریت‌ها فقط گیرنده‌های منفعل اطلاعات هستند.

این یعنی مغز ما شاید **چند صد برابر بیشتر از چیزی که قبلاً فکر می‌کردیم، قدرت پردازش** داشته باشد؛ چون دیگر فقط بدنه‌ی سلول نیست که «تصمیم می‌گیرد»، دندریت‌ها هم در تصمیم‌گیری فعال هستند.

همچنین مشخص شده که دندریت‌ها می‌توانند **نوسانات ولتاژ آهسته** هم داشته باشند؛ یعنی علاوه بر اینکه مثل سلول‌های بدنه (دیجیتالی: روشن/خاموش) کار می‌کنند، می‌توانند به شیوه‌ای **ظریف‌تر و آنالوگ** هم عمل کنند.^۲

این یافته‌ها یک تغییر اساسی نسبت به آن چیزی هستند که دانشمندان در شصت سال گذشته باور داشتند و نشان می‌دهند که چقدر اطلاعات زیادی در مورد مغز وجود دارد که ما هنوز نمی‌دانیم.

1. Cell Body

2. Moore et al., 2017

ارتباطات الکتریکی و شیمیایی در مغز

ارتباط الکتریکی و شیمیایی بین نورون‌ها، همان چیزی است که باعث می‌شود مغز بتواند اطلاعات را منتقل کند. اما سؤال مهم‌تر این است: مغز چگونه اطلاعات را ذخیره می‌کند؟ پاسخ به این سؤال در سطح زیستی خیلی پیچیده است و اگر بخواهیم وارد جزئیات دقیق بشویم، از بحث اصلی مان در این کتاب خیلی دور می‌شویم. پس فعلاً لازم نیست وارد جزئیات عمیق بشویم. چیزی که باید بدانی این است که مغز دارای قابلیت‌هایی به نام پلاستیسیته^۱ است. پلاستیسیته یعنی مغز می‌تواند بر اساس تجربه‌هایی که از سر می‌گذراند، واقعاً تغییر شکل بدهد! یعنی ساختار مغز انعطاف‌پذیر است و می‌تواند خودش را با یادگیری و تجربه‌های جدید تطبیق دهد.

مثالی برای توضیح پلاستیسیته

فرض کنید دانش‌آموزی دارید که بسیار خجالتی است و هنگامی که برای صحبت کردن جلوی جمع قرار می‌گیرد دچار استرس شدید می‌شود. ضربان قلبش بالا می‌رود، بدنش عرق می‌کند، تند تند نفس می‌کشد و حافظه و تمرکزش مختل می‌شود. تمام این علائم به دلیل ساختار مغز این دانش‌آموز اتفاق می‌افتد؛ یعنی مغز تصمیم می‌گیرد که زمانی که جلوی جمع قرار گرفت هورمون‌هایی ترشح شود که این اتفاقات را رقم بزند. حالا اگر این دانش‌آموز تصمیم بگیرد که روی مهارت صحبت جلوی جمع خودش کار بکند، مغز او کم‌کم شروع به تغییر کردن می‌کند. مغز ساختاری بسیار انعطاف‌پذیر دارد و با یادگیری‌ها و تجربیات جدید شکلش عوض می‌شود. مغز دانش‌آموز خجالتی شما نیز بعد از یادگیری صحبت جلوی جمع تغییر می‌کند و بعد از مدتی دیگر از صحبت جلوی جمع دچار اضطراب نمی‌شود.

این «قالب‌پذیری» چگونه خودش را نشان می‌دهد؟

این تغییرات می‌توانند شکل‌های مختلفی داشته باشند، مثل:

- ◆ افزایش تعداد نوروترنسمیترها در قسمت‌های خاصی از مغز.
- ◆ افزایش تعداد گیرنده‌ها که این نوروترنسمیترها به آنها می‌چسبند (همانطور که در شکل ۶-۱ نشان داده شده است)

◆ یا حتی ساختن نورون‌های جدید!

لازم نیست دقیقاً نوع هر کدام از این تغییرات را بدانیم. فقط کافی است بدانیم که این تغییرات موقع یادگیری در مغز ایجاد می‌شوند و تا وقتی مغز اطلاعات را به خاطر می‌آورد، این تغییرات حفظ می‌شوند. در خیلی از موارد، این تغییرات به صورت خودکار و بدون هیچ تلاش آگاهانه‌ای اتفاق می‌افتند. مثلاً؛ وقتی کسی را چند بار ملاقات می‌کنی، کم‌کم و تقریباً بدون اینکه تلاشی بکنی، او را می‌شناسی؛ اما در مواردی مثل یادگیری مطالب درسی، چیزهایی که ما به عنوان معلم می‌خواهیم منتقل کنیم به تلاش آگاهانه نیاز داریم تا اطلاعات در حافظه‌ی بلندمدت ذخیره شود.

پژوهش‌های علوم اعصاب روی مغز

بیشتر پژوهش‌های علوم اعصاب روی درک بهتر این فرایندها متمرکز است:

◆ انتقال اطلاعات

◆ پلاستیسیته (قابلیت تغییرپذیری مغز)

◆ و سایر فرآیندهای بنیادین مغزی در سلامت و بیماری

عصب‌شناسان همچنین علاقه دارند بررسی کنند که پایه‌های مغزی شناخت^۱ چطور کار می‌کند.

(این حوزه از علوم اعصاب، علوم اعصاب شناختی^۲ نامیده می‌شود.)

شناخت به طور ساده یعنی «فکر کردن»؛ البته در پژوهش‌ها معمولاً به جای اشاره کلی به «شناخت»، به عملکردهای شناختی خاص اشاره می‌شود، مثل: استدلال کردن^۳، توجه کردن، به خاطر سپردن و مهارت‌هایی مثل خواندن.

پژوهش‌های عصب‌شناسی درباره‌ی این عملکردها، ارتباط خاصی با آموزش دارد و ما در ادامه‌ی کتاب حسابی درباره‌ی این موضوع‌ها حرف خواهیم زد. اما قبل از اینکه وارد بحث اصلی ارتباط علوم اعصاب و آموزش بشویم، قرار است یک مرور کوتاه داشته باشیم بر روش‌هایی که در علوم اعصاب برای تحقیق استفاده می‌شود.

در پژوهش‌های علوم اعصاب از چه تکنیک‌هایی استفاده می‌شود؟

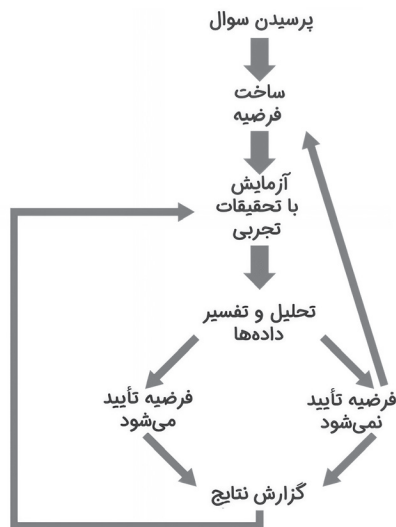
قبلاً گفتیم که علوم اعصاب از روش علمی برای تحقیق استفاده می‌کند. این روش با یک سؤال پژوهشی مشخص شروع می‌شود. حالا می‌خواهیم کمی بیشتر وارد جزئیات این فرایند بشویم. روش علمی یک الگوی خیلی دقیق را دنبال می‌کند که در شکل ۷-۱ مراحل آن به تصویر کشیده شده است.

1. Cognition

2. Cognitive Neuroscience

3. Reasoning

شکل ۷-۱. مراحل روش علمی



مراحل روش علمی چطور پیش می‌رود؟

همانطور که می‌بینی: اول باید یک سؤال پژوهشی مطرح شود. بعد باید فرضیه‌ای^۱ ساخته شود. فرضیه جمله‌ی رسمی است که پیش‌بینی می‌کند پاسخ احتمالی به سؤال پژوهشی چه چیزی می‌تواند باشد.

مثلاً فرض کنیم سؤال ما این باشد: افرادی که هفته‌ای چهار بار می‌دوند، نسبت به کسانی که هفته‌ای چهار بار باشگاه می‌روند، بیشتر دچار آسیب‌های فیزیکی می‌شوند یا کمتر؟

حالا یک فرضیه‌ی رسمی می‌تواند اینطور باشد: تفاوتی در میزان آسیب‌های ورزشی بین کسانی که می‌دوند و کسانی که باشگاه بدنسازی می‌روند وجود خواهد داشت.

بعضی فرضیه‌ها مسیر دقیق تغییر را پیش‌بینی می‌کنند (که به آنها فرضیه‌های جهت‌دار^۲ می‌گویند) بعضی دیگر فقط می‌گویند «تغییری وجود دارد» بدون پیش‌بینی جهت آن (که به آنها فرضیه‌های بدون جهت^۳ می‌گویند، مثل همین مثالی که زدیم)

1. Hypothesis
2. Directional Hypotheses
3. Non-directional Hypotheses

بعد از ساخت فرضیه چه اتفاقی می‌افتد؟

فرضیه باید با تحقیق تجربی^۱ آزمایش شود.

◆ نتایج تحقیق ممکن است فرضیه را تأیید یا رد کند.

◆ بعد از تفسیر نتایج بر اساس فرضیه، باید نتایج را منتشر کنیم تا بقیه هم بتوانند ببینند و استفاده کنند.

معمول‌ترین راه انتشار نتایج: مقاله‌های علمی، کتاب‌ها یا ارائه در کنفرانس‌های علمی است.

اگر نتایج فرضیه را تأیید نکردند، باید فرضیه را اصلاح کنیم و اگر تأیید شدند، بهتر است همان

نتایج را در تحقیق‌های دیگر تکرار کنیم.

البته باید بگوییم طراحی یک تحقیق تجربی خوب، کار ساده‌ای نیست و پیچیدگی‌های زیادی دارد.

تکنیک‌هایی که در علوم اعصاب استفاده می‌شوند

طبیعتاً نمی‌شود در اینجا تمام روش‌های مورد استفاده در علوم اعصاب را پوشش داد،

ولی ما چند روشی را انتخاب کرده‌ایم که ممکن است هنگام جستجوی تحقیقات علوم اعصاب

در زمینه‌ی آموزش به آنها برخورد کنی.

◆ ما این تکنیک‌ها را به دو دسته تقسیم کرده‌ایم:

◆ تکنیک‌هایی که روی انسان‌ها انجام می‌شود.

◆ تکنیک‌هایی که روی حیوانات آزمایشگاهی انجام می‌شود.

چرا تحقیقات روی حیوانات اهمیت دارد؟

شاید بپرسی چرا باید درباره‌ی تحقیقات روی حیوانات هم بدانیم؛ دلیلش این است که

دانشمندان از حیوانات برای مطالعه‌ی فرآیندهای پایه‌ی مغزی که در انسان‌ها هم وجود دارند

استفاده می‌کنند. بنابراین دانستن نتایج این تحقیقات، هم مزایایی دارد و هم محدودیت‌هایی.

یکی از چالش‌های اصلی در استفاده از یافته‌های آزمایشگاهی برای آموزش در کلاس درس، چیزی

است به نام **روایی بوم‌شناختی**^۲. **روایی بوم‌شناختی** یعنی چقدر می‌توان نتایج یک تحقیق را به

دنیای واقعی تعمیم داد.

مثلاً نتایج آزمایشگاهی روی حیوانات ممکن است به ما کمک کند نظریه‌ای بسازیم یا یک الگوی

آموزشی طراحی کنیم، اما در نهایت باید این الگو را در کلاس‌های واقعی روی دانش‌آموزان واقعی

آزمایش کنیم تا ببینیم آیا واقعاً جواب می‌دهد یا نه.

1. Experimental Research

2. Ecological Validity



تصویربرداری از مغز در انسان‌ها^۱

تصویربرداری مغزی یک تکنیک فوق‌العاده است که به ما اجازه می‌دهد بفهمیم کدام بخش‌های مغز هنگام انجام کارهای مختلف فعال می‌شوند.^۲ مثلاً دانشمندان برای اینکه بفهمند کدام قسمت از مغز مربوط به حافظه است، داوطلب‌ها را در شرایط آزمایش قرار داده و از آن‌ها می‌خواهند که چیزی را به خاطر بسپارند یا به یاد بیاورند. به این شکل دستگاه‌های تصویربرداری از مغز نشان می‌دهند که همه افراد وقتی که می‌خواستند چیزی را به خاطر بسپارند این قسمت از مغزشان فعال می‌شود و به این شکل ناحیه مربوط به حافظه را مشخص می‌کنند. به همین روش است که ما می‌توانیم مشخص کنیم که هر قسمت از مغز چه کاری انجام می‌دهد.

روش‌های مختلفی برای تصویربرداری از مغز وجود دارد، اما اینجا ما روی دو روش رایج تمرکز می‌کنیم:

◆ **برش‌نگاری با گسیل پوزیترون یا PET^۳**

◆ **تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی یا fMRI^۴**

هر دوی این روش‌ها بر این واقعیت تکیه دارند که وقتی نورون‌ها فعال می‌شوند، جریان خون در آن ناحیه تغییر می‌کند. پس می‌توان با دنبال کردن جریان خون، نواحی فعال مغز را پیدا کرد.

1. Neuroimaging

2. Abdullaev, 2014

3. Positron Emission Tomography

4. Functional Magnetic Resonance Imaging

PET چطور کار می‌کند؟

در روش PET، باید به شرکت‌کننده^۱ در آزمایش یک ماده‌ی رادیواکتیو داده شود. این ماده‌ی رادیواکتیو همراه با خون وارد مغز می‌شود و پوزیترون^۲ آزاد می‌کند. (پوزیترون ذره‌ای است با جرم برابر الکترون ولی بار مخالف) پوزیترون‌ها باعث ایجاد پرتوهای گاما می‌شوند و دستگاه‌های حسگری که دور سر شرکت‌کننده قرار دارند، این پرتوها را ثبت می‌کنند. نواحی‌ای از مغز که فعالیت بیشتری دارند، پرتوهای گامای بیشتری منتشر می‌کنند. نتیجه‌ی نهایی چیزی شبیه یک عکس ایکس‌ری رنگی است.

fMRI چطور کار می‌کند؟

بر خلاف PET، در روش fMRI نیازی به تزریق ماده‌ی رادیواکتیو نیست. fMRI با استفاده از تفاوت‌های مغناطیسی خون یعنی خون اکسیژن‌دار و خون بدون اکسیژن فعالیت مغز را اندازه‌گیری می‌کند. البته باید توجه کنیم که هم PET و هم fMRI مستقیماً خود سیگنال‌های نورونی را اندازه نمی‌گیرند؛ بلکه تغییرات سوخت‌وساز^۳ مربوط به آن‌ها را دنبال می‌کنند. به همین دلیل، نتایج این روش‌ها همیشه تا حدی قابل تفسیر و قابل بحث هستند. (به این حالت گاهی می‌گویند استفاده از یک معیار جانشین^۴ یعنی چیزی که با اثر واقعی همبستگی دارد ولی صدهدرصد آن را تضمین نمی‌کند.)

آزمایش‌های تصویربرداری چطور انجام می‌شود؟

در این آزمایش‌ها شرکت‌کننده باید داخل دستگاه اسکنر خیلی آرام دراز بکشد (شکل ۸-۱) یک تصویر از مغز در حالت استراحت گرفته می‌شود و یک تصویر هم وقتی که شرکت‌کننده مشغول انجام یک کار خاص است (مثلاً انجام محاسبات ذهنی).

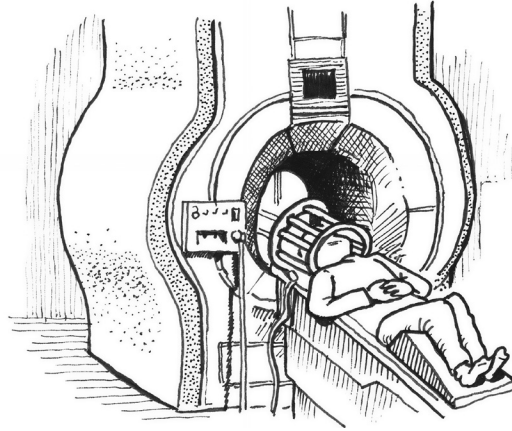
۱. امروزه بیشتر از واژه‌ی «شرکت‌کننده» به جای «سوژه» استفاده می‌کنیم چون تأکید داریم که هر کسی با رضایت کامل خودش در آزمایش شرکت می‌کند و حق دارد در هر لحظه انصراف بدهد.

2. positrons

3. Metabolic Changes

4. Surrogate Measure

شکل ۸-۱. یک اسکنر معمولی که در تصویربرداری عصبی استفاده می‌شود.



چون مغز ما همیشه فعال است، حتی در حالت استراحت هم کار می‌کند. ولی موقع انجام یک کار مشخص، در بعضی نواحی مغز فعالیت بیشتری نسبت به حالت معمول ایجاد می‌شود. این حالت را می‌شود مثل یک ارکستر در نظر گرفت که همه‌ی سازها مدام در حال نواختن هستند فقط بعضی سازها گاهی بلندتر یا آهسته‌تر می‌شوند، ولی هیچ وقت کاملاً ساکت نمی‌شوند. با مقایسه‌ی دو تصویر (استراحت و فعالیت)، می‌توان فهمید کدام قسمت‌های مغز مسئول کار مورد نظر هستند.

محدودیت‌های PET و fMRI

چند نکته‌ی مهم:

- ◆ چون در این روش‌ها باید خیلی بی‌حرکت بود، انجامشان برای کودکان کوچک خیلی سخت است.
- ◆ در روش PET به خاطر تزریق ماده‌ی رادیواکتیو، استفاده از آن برای کودکان به شدت محدود شده. هر دوی این روش‌ها می‌توانند تصاویر سه‌بعدی بسیار زیبایی از مغز تولید کنند.

تحلیل داده‌ها؛ یک نکته‌ی بسیار مهم

یادت باشد که این تکنیک‌ها نیازمند تحلیل داده‌های بسیار دقیق و پیچیده هستند. اگر تحلیل داده‌ها به درستی انجام نشود، نتایج به دست آمده اعتبار علمی نخواهند داشت. در ایستگاه پژوهشی ۳-۱ به مشکلی که ممکن است در صورت تحلیل نادرست پیش بیاید، بیشتر خواهیم پرداخت.

ایستگاه پژوهشی ۳-۱: ماجرای عجیبی در دستگاه اسکن مغز!

در سال ۲۰۰۹، یک پژوهشگر علوم اعصاب به نام کریگ بنت^۱ و همکارانش، پوستر جالب و عجیبی را در کنفرانس نقشه‌برداری مغز انسان ارائه کردند.

عنوان این پوستر این بود: «همبستگی‌های عصبی در یک ماهی سالمون مرده: دلیلی برای نیاز به اصلاح مقایسه‌های متعدد.» (بله درست خواندی: صحبت از یک ماهی مرده است!) در ادامه خلاصه‌ای از جزئیات این تحقیق عجیب را که روی پوستر آمده بود برایت می‌آورم:

شرح آزمایش:

آزمودنی: یک ماهی سالمون آتلانتیک بالغ، به طول حدود ۴۵ سانتی‌متر و وزن ۱.۷ کیلوگرم.

نکته‌ی جالب: این ماهی در زمان اسکن زنده نبود - کاملاً مرده بود!

محققان به این ماهی مرده یک وظیفه‌ی ذهنی^۲ دادند:

به ماهی عکس‌هایی نشان دادند که افراد را در موقعیت‌های اجتماعی مختلف و با احساسات خاصی نشان می‌داد.

از ماهی خواستند احساسات این افراد را تشخیص بدهد!

(البته واضح است که این کار در عمل ممکن نبود، چون ماهی مرده بود!)

نتیجه‌ی شگفت‌انگیز:

با استفاده از روش‌های **تحلیل استاندارد** (نه تحلیل‌های پیشرفته‌تر) محققان موفق شدند **مناطق فعالی** را در مغز ماهی مرده پیدا کنند!

آنها نمی‌خواستند نشان بدهند که ماهی مرده واقعاً فکر می‌کند؛ بلکه قصدشان این بود که یک نکته‌ی خیلی مهم را گوشزد کنند:

وقتی در علوم اعصاب از روش‌هایی مثل **fMRI** استفاده می‌کنیم، چون حجم داده‌هایی که به دست می‌آوریم خیلی زیاد است، باید حتماً **تحلیل‌های آماری پیشرفته و اصلاح‌شده‌ای** انجام بدهیم وگرنه ممکن است با نتایج **مثبت کاذب** روبرو شویم.

(یعنی ممکن است فکر کنیم فعالیت واقعی در مغز وجود دارد، در حالی که فقط خطای آماری است.)

تحقیقات در تدریس ریاضی

نمونه‌ای از اینکه علوم اعصاب چه چیزی می‌تواند به آموزش اضافه کند.

بعد از خواندن بخش قبلی درباره‌ی روش‌های پژوهشی در علوم اعصاب، شاید با خودت فکر کرده باشی: خب، این تحقیقات که خیلی از فضای کلاس درس فاصله دارند، پس واقعاً چه کمکی می‌توانند به تدریس بکنند؟ این سؤال کاملاً منطقی است. در طول این کتاب، ما تحقیقات مختلفی از علوم اعصاب معرفی می‌کنیم که نشان می‌دهند این علم می‌تواند (و در بعضی موارد تا حالا هم توانسته) کمک‌های ارزشمندی به آموزش کند.

اما برای شروع، بیایید سه مثال از ریاضیات را بررسی کنیم که توسط پروفیسور پل هاوارد-جونز برای بنیاد EEF مرور شده‌اند. (Howard-Jones, 2014)

این بررسی بخشی از یک پروژه‌ی ویژه درباره‌ی نقش علوم اعصاب در آموزش بود. ما به طور خاص ریاضی را انتخاب کردیم چون این حوزه توجه زیادی جلب کرده و یافته‌های واضحی از آن به دست آمده است.

اضطراب ریاضی

اضطراب ریاضی؛ به ترس یا نگرانی‌ای گفته می‌شود که برخی از دانش‌آموزان هنگام یادگیری یا کار با مفاهیم ریاضی تجربه می‌کنند. این اضطراب قابل اندازه‌گیری است، مثلاً از طریق پرسش‌نامه‌هایی که میزان اضطراب دانش‌آموزان در مواجهه با ریاضی را با احساسشان نسبت به سایر دروس مقایسه می‌کنند.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این اضطراب می‌تواند از سنین پایین آغاز شود و تا دوران دبیرستان ادامه یابد (Devine et al., 2012; Ramirez et al., 2012). همچنین، این نوع اضطراب می‌تواند روند پیشرفت تحصیلی دانش‌آموز را مختل کند (Hembree, 1990).

یافته‌های علوم اعصاب نیز به روشن‌تر شدن این موضوع کمک کرده‌اند. برای مثال، در پژوهشی با استفاده از fMRI مشخص شد که هنگام انجام محاسبات ریاضی، کودکانی که دچار اضطراب ریاضی بودند، فعالیت بیشتری در ناحیه‌ای از مغز به نام آمیگدال (مرتبط با احساسات منفی) و فعالیت کمتری در نواحی مربوط به حافظه فعال داشتند (Young et al., 2012).

این نکته برای معلمان بسیار مهم است؛ چرا که حافظه فعال نقش کلیدی در انتقال اطلاعات به حافظه بلندمدت دارد. اگر دانش‌آموز به دلیل اضطراب نتواند از حافظه فعال خود به درستی استفاده کند، یادگیری مؤثر اتفاق نمی‌افتد.

در مطالعه‌ای دیگر که بر روی بزرگسالان جوان انجام شد، پژوهشگران دریافتند که عملکرد افراد مبتلا به اضطراب ریاضی به میزان فعالیت مغز در نواحی مرتبط با کنترل شناختی (یعنی توانایی

مدیریت رفتار و هیجان‌ها بر اساس اهداف فردی) و ارزیابی مجدد احساسات منفی (تغییر برداشت ذهنی از تجربه‌های منفی برای کاهش شدت آن‌ها) بستگی دارد (Lyons & Beilock, 2012). این یافته نشان می‌دهد که اگر بتوانیم به دانش‌آموزان کمک کنیم تا احساسات منفی خود را کنترل و بازنگری کنند، ممکن است اضطراب ریاضی‌شان کاهش یابد.

یک مداخله‌ی مدرسه‌ای جالب توسط Ramirez و Beilock در سال ۲۰۱۱ انجام شد. آن‌ها از ۱۰۶ دانش‌آموز ۱۴ تا ۱۵ ساله خواستند که ابتدا سطح اضطراب ریاضی خود را ارزیابی کنند. سپس آن‌ها را به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم کردند. هر دو گروه قبل از آزمون ریاضی، یک فعالیت ۱۰ دقیقه‌ای انجام دادند: گروه اول درباره نگرانی‌هایشان در مورد ریاضی نوشتند و گروه دوم درباره موضوعی بی‌ربط. نتایج نشان داد که دانش‌آموزان مضطربی که درباره نگرانی‌های خود نوشته بودند، عملکرد بهتری در آزمون داشتند؛ حتی عملکرد آن‌ها با دانش‌آموزانی که اضطراب کمتری داشتند، برابر بود. به نظر می‌رسد نوشتن درباره اضطراب‌ها، یعنی همان به رسمیت شناختن و بیان آن‌ها، باعث کاهش فشار روانی و بهبود تمرکز شده است.

این مطالعه‌ها به ما معلمان یادآوری می‌کنند که احساسات دانش‌آموزان در یادگیری بسیار مهم هستند. اگر دانش‌آموزان از درس ریاضی می‌ترسند یا مضطرب‌اند، حتی بهترین روش‌های آموزشی هم ممکن است اثر چندانی نداشته باشند. در چنین مواردی، اختصاص دادن زمانی کوتاه برای صحبت یا نوشتن درباره نگرانی‌ها، می‌تواند زمینه را برای یادگیری بهتر فراهم کند. این نمونه نشان می‌دهد که همکاری بین پژوهشگران علوم اعصاب و معلمان می‌تواند به طراحی راهکارهایی منجر شود که مستقیماً در کلاس درس اجراپذیر باشند. این همکاری‌ها نه تنها به بهبود عملکرد تحصیلی کمک می‌کنند، بلکه باعث رشد هیجانی و ذهنی دانش‌آموزان نیز می‌شوند. بنابراین، توصیه می‌شود معلمان نسبت به اضطراب‌های پنهان دانش‌آموزان حساس باشند و راه‌هایی برای کاهش آن در کلاس پیدا کنند.

بازنمایی عددی غیرنمادین و نمادین

علوم اعصاب شناختی نقش قابل توجهی در افزایش دانش ما درباره چگونگی رشد مهارت‌های عددی ایفا کرده است. پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که رشد سواد عددی تنها به یک عامل وابسته نیست، بلکه به سه سیستم مهم نیاز دارد:

۱. سیستم عددی غیرنمادین: این سیستم به ما کمک می‌کند بدون نیاز به شمارش، به سرعت مقدار تقریبی اشیاء را درک کنیم. این توانایی حتی در برخی حیوانات نیز وجود دارد و از دوران بسیار ابتدایی رشد در کودکان قابل مشاهده است. (مثلاً کودک از سنین خیلی پایین می‌تواند درک کند که ۲ عدد سیب از ۱ عدد سیب بیشتر است)

۲. سیستم عددی نمادین: این سیستم به درک نمادهایی مانند عدد «۳» یا واژه «سه» مربوط می‌شود. رشد زبان و این سیستم به شدت به هم وابسته‌اند و معمولاً از حدود ۲ تا ۳ سالگی شروع به شکل‌گیری می‌کند.

۳. توانایی تطبیق بین دو سیستم: یعنی توانایی ارتباط دادن بین نمادها و مقدارها، که معمولاً از طریق استفاده از انگشت‌ها در کودکی توسعه می‌یابد. این مهارت نقش مهمی در درک مفاهیم عددی ایفا می‌کند.

با توجه به این یافته‌ها، پژوهشگران مداخلاتی طراحی کرده‌اند تا به رشد این سیستم‌ها در کودکان کمک کنند. یکی از این مداخلات، استفاده از دیسک‌های چوبی برای کمک به درک و دست‌کاری مفاهیم کسر بود. در این مطالعه، یک گروه از کودکان بازی‌هایی با کارت‌های کسر انجام دادند که در آن از دیسک‌های چوبی برای نمایش کسری استفاده می‌شد؛ گروه دیگر همان بازی‌ها را بدون دیسک‌ها انجام دادند. این تمرین‌ها به مدت ۳۰ دقیقه، دو بار در هفته و طی ۱۰ هفته اجرا شد.

حدود ۳۰۰ دانش‌آموز ۹ تا ۱۱ ساله در این مطالعه شرکت کردند. نتایج نشان داد که رویکرد مبتنی بر علوم اعصاب، در مقایسه با روش‌های مرسوم آموزشی، موجب درک بهتر مفهومی کسر و ارتباط دقیق‌تری بین نمادهای کسری و مقدار عددی شد.

این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از ابزارهای ملموس مانند دیسک‌های چوبی، به‌ویژه در آموزش مفاهیم دشواری مانند کسر، می‌تواند درک عددی دانش‌آموزان را به طرز محسوسی افزایش دهد. اگرچه ممکن است چنین ابزارهایی در نگاه اول ساده به نظر برسند، اما در واقعیت، به مغز کودک کمک می‌کنند تا بهتر بین عددها و مقادیر واقعی ارتباط برقرار کند.

در ادامه همین رویکرد بازی‌محور، پژوهشگران ابزارهای دیجیتال هم طراحی کرده‌اند. یکی از اولین نمونه‌ها، نرم‌افزاری به نام «مسابقه عدد»^۱ بود. این نرم‌افزار آموزشی با تمرکز بر سه هدف طراحی شده بود:

۱. تقویت حس عددی، شامل مقایسه و ارتباط عدد با فضا

۲. ارتباط بین نمایش نمادین و غیرنمادین عدد

۳. یادگیری مفاهیم پایه‌ای جمع و تفریق

ارزیابی‌های متعددی بر روی این نرم‌افزار انجام شده است. نتایج این ارزیابی‌ها متنوع بوده‌اند: برخی از آن‌ها نشان‌دهنده پیشرفت‌های گسترده در درک نمادین و غیرنمادین عددی بوده‌اند، و برخی دیگر تنها بهبودهای محدودی را ثبت کرده‌اند.

یافته‌های این بخش به ما یادآور می‌شوند که آموزش ریاضی، به‌ویژه در دوره ابتدایی، نیازمند توجه به نحوه‌ی درک مغز از عددهاست؛ به‌ویژه اینکه مغز ابتدا با مقدار و کمیت (غیرنمادین) آشنا می‌شود و بعد به سراغ نمادها می‌رود. بنابراین، استفاده از بازی، ابزارهای واقعی و نرم‌افزارهای

آموزشی می‌تواند پلی میان این دو نوع درک ایجاد کند و به تقویت تفکر ریاضی در دانش‌آموزان کمک کند.

مهارت‌های چرخش ذهنی^۱

منظور از «چرخش ذهنی»، توانایی تصور کردن این است که اگر یک شیء را در ذهن خود بچرخانیم، به چه شکلی درمی‌آید. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این مهارت می‌تواند پیش‌بینی‌کننده‌ای برای موفقیت در علوم و ریاضی باشد.

خبر خوب این است که مهارت چرخش ذهنی را می‌توان از طریق تمرین تقویت کرد. حتی برخی بازی‌های ویدیویی نیز تأثیر مثبتی در بهبود این توانایی داشته‌اند با این حال، تا امروز پژوهش‌های اندکی در زمینه‌ی به‌کارگیری این تمرینات در محیط‌های آموزشی انجام شده است.

در یک نمونه از محدود مطالعات موجود، گروهی از دانشجویان دانشگاه که در ابتدا مهارت‌های فضایی ضعیفی داشتند، تحت آموزش مهارت‌های فضایی و چرخش ذهنی قرار گرفتند. نتیجه این بود که آن‌ها نسبت به گروه کنترل (که آموزش ندیده بودند) نمرات بهتری در رشته‌های مهندسی، ریاضی و علوم کسب کردند و احتمال ادامه تحصیل آن‌ها نیز بیشتر بود (Sorby, 2009).

این مثال نشان می‌دهد که اگرچه شواهد علمی قابل توجهی درباره‌ی اهمیت مهارت چرخش ذهنی در موفقیت تحصیلی وجود دارد، اما هنوز این یافته‌ها به شکل مؤثری وارد فضای آموزش مدرسه‌ای نشده‌اند. برای رسیدن به این هدف، نیاز است که مطالعات بیشتر و میدانی در داخل مدرسه‌ها انجام شود تا بدانیم این تمرین‌ها چطور می‌توانند در آموزش ریاضی و علوم مؤثر واقع شوند.

برای مثال، استفاده از فعالیت‌هایی که نیاز به تجسم سه‌بعدی دارند (مثل ساخت اشکال با مکعب، طراحی نقشه، بازی با پازل‌های فضایی، یا حتی برخی نرم‌افزارهای آموزشی) می‌تواند به تدریج این توانایی را در دانش‌آموزان تقویت کند.

همان‌طور که در سایر بخش‌های مربوط به آموزش ریاضی اشاره شد، میزان ترجمه‌پذیری یافته‌های علوم اعصاب به آموزش در کلاس درس بسیار متفاوت است. برخی حوزه‌ها شواهد محکمی دارند و برای آموزش کاربردی شده‌اند؛ برخی دیگر مثل چرخش ذهنی هنوز در مرحله تحقیقاتی هستند.

فراموش نکنیم که ساختن یک پایه پژوهشی قوی معمولاً سال‌ها یا حتی دهه‌ها طول می‌کشد، و بعد از آن نیز زمان زیادی لازم است تا این پژوهش‌ها به شکل کاربردی در حوزه‌هایی مانند آموزش یا حتی پزشکی وارد شوند. اما علاوه بر این روند زمان‌بر، موانع خاص دیگری نیز وجود دارند که تلفیق علوم اعصاب و آموزش را دشوار کرده‌اند، که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد.

گام‌های بعدی

در فصل اول، مطالب زیادی را مرور کردیم. نگاهی کلی به چستی علوم اعصاب و روش‌های پژوهشی رایج در این حوزه داشتیم، برخی از کاربردهای موفق علوم اعصاب در آموزش را معرفی کردیم. اما حالا با این اطلاعات چه باید کرد؟

در ادامه چند پیشنهاد کلی مطرح می‌شود که می‌توانید هنگام ادامه مسیر یادگیری‌تان درباره ارتباط علوم اعصاب و آموزش در نظر بگیرید:

◆ همیشه به یاد داشته باشید که علوم اعصاب از سطوح مختلف پژوهشی و حتی از گونه‌های جانوری مختلف استفاده می‌کند. شما باید بدانید که در حال نگاه کردن به کدام سطح از شواهد هستید و چقدر آن یافته‌ها به محیط کلاس درس شما قابل تعمیم هستند.

◆ اهداف و زبان حرفه‌ای عصب‌پژوهان و معلمان می‌تواند با هم تفاوت زیادی داشته باشد. با این حال، اگر با دقت به موضوع نگاه کنیم، می‌توانیم بر سر اهداف مشترک همکاری کنیم. برای شروع این همکاری، بهتر است به پژوهش‌های جدید علوم اعصاب یا سخنرانی‌های علمی توجه داشته باشید. یکی از راه‌های ساده برای ارتباط گرفتن با یک عصب‌پژوه محلی، دعوت از او برای شرکت در برنامه‌های آموزش علوم برای دانش‌آموزان، مانند جلسات معرفی مشاغل، است. بیشتر استادان دانشگاهی که در این حوزه کار می‌کنند، اطلاعات تماسشان روی وب‌سایت دانشگاه موجود است.

◆ از علوم اعصاب انتظار نداشته باشید که مستقیماً به شما بگویند در کلاس چطور تدریس کنید و اگر کسی چنین نسخه‌ای برایتان پیچید، بدون پژوهش بیشتر آن را نپذیرید. علوم اعصاب می‌تواند توصیف کند که مغز در برابر محرک‌ها یا شرایط خاص چطور واکنش نشان می‌دهد، اما تصمیم‌گیری نهایی درباره کاربرد این یافته‌ها در کلاس درس، نیازمند آزمون و بررسی است.

در ادامه این کتاب با سه نوع از یافته‌های علوم اعصاب روبه‌رو خواهید شد:

۱. یافته‌هایی که کاملاً از تفکر و پژوهش‌های آموزشی موجود پشتیبانی می‌کنند.

۲. یافته‌هایی که بر اساس شواهد علمی منتشر شده هستند ولی هنوز در دنیای آموزش چندان

شناخته شده نیستند.

۳. یافته‌هایی که ممکن است با باورها و روش‌های فعلی در آموزش در تضاد باشند.

احتمالاً گروه دوم و سوم بیشترین تأثیر را بر شما خواهند داشت و ممکن است باعث تغییراتی در نگاه و عملکردتان شوند. توصیه می‌کنیم هنگام مطالعه، این نوع یافته‌ها را علامت‌گذاری کنید و در صورت امکان، مقاله یا منبع اصلی آن‌ها را هم بررسی نمایید.