

گفت‌وگو

دریچه‌ای به زیست‌شناسی آرامش و شادی

گفت‌وگو با اریک ریچارد کندل، برنده جایزه نوبل پزشکی

ترجمه: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

اشاره

کتاب مبانی علوم عصبی^۱ کتابی بی‌همتاست. همه دانشجویان پزشکی ایالات متحده باید همه ۱۷۶۰ صفحه آن را سطر به سطر بخوانند. این کتاب که در عین سادگی به مبانی همه مباحث علوم اعصاب می‌پردازد، نام اریک کندل برنده جایزه نوبل پزشکی را به‌عنوان یکی از پنج ویراستار اصلی بر خود دارد و اگرچه هر فصل آن توسط برجسته‌ترین متخصصان آن زمینه نگاشته شده است ولی کتاب عملاً حدود ۵۰ نفر نویسنده دارد و از این رو کتابی یگانه است. زیست‌شناسی رفتار، زیست‌شناسی سلولی مولکولی نورون‌ها، برهم‌کنش نورون‌ها و انتقال سیناپسی، مبانی عصب‌شناخت، حرکت، ادراک، احساسات، دستگاه‌های عصبی، زبان، یادگیری و حافظه از مباحث متعددی است که در این کتاب به آن‌ها پرداخته شده است. ویراست پنجم این کتاب در اکتبر ۲۰۱۲ با ۹۹۰ عکس تمام‌رنگی به چاپ رسیده است.

مقدماتی او در دانشگاه هاروارد تاریخ و ادبیات را دربرمی‌گرفت. پس از آن کندل به مباحث یادگیری و حافظه علاقه پیدا کرد و به گونه‌ای اتفاقی با نظرات زیگموند فروید و اهمیت ناخودآگاه در حافظه و رفتار آشنا شد. او در سال ۱۹۵۲ وارد مدرسه عالی پزشکی دانشگاه نیویورک شد و در اوایل دهه ۶۰ به‌عنوان رزیدنت روان‌پزشکی در انستیتوی ملی سلامت^۲ مشغول به کار شد. از آن پس تاکنون او یکی از اعضای هیئت علمی مدرسه عالی پزشکی دانشگاه نیویورک بوده است. او در همه این سال‌ها فعالیت خود را روی نوروبیولوژی و مبانی زیستی فعالیت‌های عصبی و ذهن متمرکز کرده است. کندل

کلیدواژه‌ها: نوروبیولوژی، ترس اکتسابی، روانشناسی، روان‌درمانی.



روان‌پزشکی، روان‌کاوی و زیست‌شناسی نوین ذهن، نوشته اریک کندل، انتشارات روان‌پزشکی آمریکا، ۲۰۰۵ میلادی

ما چند ژن را در موش تشخیص دادیم که هم برای ترس اکتسابی و هم برای ترس غریزی مهم‌اند و نشان دادیم که با از کار انداختن ژن استاتیمین می‌توانیم موشی ایجاد کنیم که تقریباً احساس ترس ندارد

درباره اریک ریچارد کندل

کندل در ۷ نوامبر ۱۹۲۹ در وین زاده شد. مادرش متولد اکراین و پدرش از منطقه امپراطوری اتریش-مجارستان بود. پس از اشغال اتریش در مارس ۱۹۳۸ به وسیله رژیم آلمان نازی، آن‌ها نخست به بلژیک و سپس در ماه مه سال ۱۹۳۹ به ایالات متحده گریختند و در بروکلین ساکن شدند. علایق نخستین کندل به تاریخ بود و تحصیلات

در سال ۲۰۰۰ جایزه نوبل پزشکی را برای تحقیقات خود درباره مبانی فیزیولوژیکی ذخیره حافظه در نورون‌ها به‌دست آورد (آرئود کارلسون^۳ و پاول گرینگارد^۴ در این جایزه با وی سهیم بودند). از او کتاب دیگری نیز تحت عنوان در جست‌وجوی حافظه: ظهور علم جدید ذهن^۵ در سال ۲۰۰۶ به چاپ رسیده است که در آن به شرح تاریخ زندگی و تحقیقات خود می‌پردازد. این کتاب در همان سال از سوی لس‌آنجلس تایمز به دریافت جایزه بهترین کتاب سال در زمینه علم و فناوری نائل آمد. این کتاب در سال ۲۰۰۸ مبنای ساخت فیلم

مستند «در جست‌وجوی حافظه» به کارگردانی مستندساز آلمانی پترا زیگر^۶ بوده است.

کندل، افزون بر جایزه نوبل، به دریافت جوایز علمی دیگری نیز نائل شده است.^۷ وی همچنین عضو کمیته علوم اعصاب جایزه علمی کاولی^۸ است. این جایزه از سال ۲۰۰۸ میلادی هر ساله، از سوی فرهنگستان علوم و ادب^۹ و وزارت آموزش و پژوهش نروژ و بنیاد کاولی^{۱۰} در سه رشته علوم اعصاب، علوم نانو و اخترازیکی اعطا می‌شود. ترجمه گفت‌وگوی سوزان کراکلینسکی را با کندل می‌خوانید.^{۱۱}

• کار آزمایشگاهی جدید شما درباره احساس ترس شدید است. به چه نتایجی رسیدید؟

این ژن می‌تواند هدف تازه‌ای برای عامل‌های ضد اضطراب باشد. ما همچنین با نشان دادن این که می‌توان جانوری را ایجاد کرد که نسبت به حالت طبیعی آرام‌تر است، دریچه‌ای بر زیست‌شناسی شادی گشوده‌ایم و این جان تازه‌ای به فعالیت در مسیرهایی می‌دهد که به پاداش مثبت مربوط اند

- ما چند ژن را در موش تشخیص دادیم که هم برای ترس اکتسابی و هم برای ترس غریزی مهم‌اند و نشان دادیم که با از کار انداختن ژن استاتین^{۱۲} می‌توانیم موشی ایجاد کنیم که تقریباً احساس ترس ندارد.

• این موش چگونه رفتار می‌کند؟

- طبیعتاً وقتی موش را در اتاقکی سر بسته قرار می‌دهید، موش

فرض کنید شما یک تجربه روانی بد در کودکی داشته‌اید. شما ممکن است جزئیات شناختی آن را به خاطر داشته باشید، یا اصلاً به یاد نیاورید. اما همراه با این تجربه، مجموعه‌ای تغییرات غیرارادی و احساسی هم وجود دارد، که همان ترس اکتسابی است

در کناره‌های اتاقک، جایی که دیوارها قرار دارند، راه می‌رود، زیرا از هجوم یک مزاحم می‌ترسد و هر از گاهی در پی یک شریک جنسی و یا برای اطمینان از اینکه غذایی را از دست نداده، خیلی به سرعت به مرکز اتاق می‌رود و برمی‌گردد. اگر شما این ژن را از کار ببندازید،

موش مدت زیادی را در مرکز اتاق سپری خواهد کرد و دیگر نخواهد ترسید.

• آیا از کار انداختن این ژن، ترس غریزی موش را از بین می‌برد؟

- بله، ولی روی ترس اکتسابی هم تأثیر می‌گذارد.

• آیا فکر می‌کنید استفاده از این پژوهش سودی به حال انسان‌ها داشته باشد؟

- این ژن می‌تواند هدف تازه‌ای برای عامل‌های ضد اضطراب^{۱۳} باشد. ما همچنین با نشان دادن اینکه می‌توان جانوری را ایجاد کرد که نسبت به حالت طبیعی آرام‌تر است، دریچه‌ای بر زیست‌شناسی شادی گشوده‌ایم و این جان تازه‌ای به فعالیت در مسیرهایی می‌دهد که به پاداش مثبت^{۱۴} مربوط‌اند. همچنین ممکن است دریچه‌ای به زیست‌شناسی آسایش و آرامش بگشاید.

• شادی را چگونه مطالعه می‌کنید؟

- برای ایجاد ترس اکتسابی، شما همراه با یک محرک خنثی، مثلاً یک صدا، به جانور شوک الکتریکی می‌دهید. صدا، شوک. صدا، شوک. بنابراین جانور می‌آموزد که آن صدا، خبر بدی است. ولی همچنین می‌توانید به جانور ضد آن شوک را هم بدهید، اما یقیناً نه در زمان‌هایی که آن صدا می‌آید. تحت این شرایط، آن صدا ایمنی و امنیت را نشان می‌دهد. درمی‌یابیم جانور طوری رفتار می‌کند که گویی در رضامندی و امنیت خاطر است، حتی بیشتر از وقتی که هیچ شوکی وجود ندارد. وقتی به مغز جانور نگاه کردیم، دریافتیم که نه فقط مسیرهایی که میانجی^{۱۵} ترس هستند از فعالیت باز ایستادند بلکه مسیرهای میانجی شادی فعال شده‌اند. در این فرایند هسته دمدار^{۱۶}، یعنی بخشی از مغز که واسطه اثر بخشی داروهای است که برانگیزاننده شادی‌اند، فعال می‌شود.

• بنابراین ترس و شادی بخشی از یک سیستم هستند؟

- درست است، اما می‌خواهم روشن کنم که طرز عمل فرایندهای ایجاد ترس و شادی یکسان نیست. آنها تجربیات متفاوتی هستند. ما نشان دادیم که ترس ناشی از مدار عصبی مشخصی است و ژن‌هایی وجود دارد که این مدار عصبی را کنترل می‌کنند و شما می‌توانید با ژن‌های مشخصی این مدار را روشن یا خاموش کنید. در دسته مطالعات دیگری در پی آن بوده‌ایم که دریابیم آیا می‌شود به‌طور رفتاری - بدون دستکاری ژن‌ها - احساس متضادی را که همان شادی است، ایجاد کرد و از آنجا به این پارادایم رسیدیم. آن‌ها ممکن

است به هم ربط داشته باشند. ممکن است ژن‌های یکسانی ترس را خاموش و شادی را روشن کنند، ولی ما هنوز نمی‌دانیم.

• پژوهش‌های شما در زمینه حافظه چگونه به ترس و شادی مربوط می‌شود؟

- «فرض کنید یک تجربه روانی بد در کودکی داشته‌اید. شما ممکن است جزئیات شناختی آن را به‌خاطر داشته باشید، یا اصلاً به یاد نیاورید. اما همراه با این تجربه، مجموعه‌ای تغییرات غیرارادی و احساسی هم وجود دارد، که همان ترس اکتسابی است. بنابراین ممکن است دیدن یک شخص ناشناس در شما احساسی را برانگیزد که می‌تواند کاملاً بی‌مورد باشد. این غریبه ممکن است هیچ ربطی به آن حادثه نداشته باشد، ولی به نحوی مشابهت‌هایی وجود دارد که در شما همان حس را برمی‌انگیزد. شما تجربیات حسی را به همان اندازه تجربیات شناختی کسب کرده‌اید، با این تفاوت که آن‌ها ناخودآگاه هستند. برخی اوقات می‌توان جزئیات شناختی را سرکوب کرد، اما اغلب فرونشاندن جزئیات احساسی دشوار است.

• در جایی نوشته‌اید که تعلیم شما در روان‌درمانی، در کارهای نوروبیولوژی شما تأثیر گذاشته است، آیا شکافی بین روان‌شناسان و زیست‌شناسان عصبی (نوروبیولوژیست‌ها) وجود دارد؟

- بله، ولی به گمانم این موقتی و اتفاقاً غیرضروری است. من یکی از اعضای مشورتی بنیاد پزشکی الیسون^{۱۷} هستم که در پی آن است که آیا می‌توان با تصویر برداری ام.آر.آی^{۱۸} مغز، نتایج روان‌درمانی را مورد ارزیابی قرار داد.

• آیا هیچ در مورد اعتبار روان‌کاوی مردد شده‌اید؟

- بله. در اوایل دوران کاری‌ام، از اینکه روان‌کاوی جنبه تجربی بیشتری پیدا نمی‌کرد و علمی‌تر نمی‌شد، ناامید شده بودم. و این عمدتاً مربوط به بیماران مجزا می‌شد. هیچ تلاشی برای جمع‌آوری داده‌ها از جمعیت‌های بزرگ مردمی که روان‌کاوی می‌شدند، به عمل نمی‌آمد.

• آیا پروژه الیسون به این مشکل خواهد پرداخت؟

- آنچه گروه مطالعاتی ما می‌گوید این است که آیا زمان آن فرا نرسیده است که از تصویربرداری مغز برای ارزیابی نتایج روان‌کاوی استفاده شود؟ اکنون دو شکل از روان‌کاوی وجود دارد که از لحاظ پزشکی ثابت شده است که هر دو مؤثرند. یکی رفتاردرمانی شناختی است که آرون بک^{۱۹} در دانشگاه پنسیلوانیا^{۲۰} آن را توسعه داده و

دیگری روان‌درمانی میان‌فردی^{۲۱} است که آن را میرنا وایسمن^{۲۲} در همین‌جا در دانشگاه کلمبیا پیش برده است. این‌ها دو شکل معتبر علمی از درمان‌های کوتاه‌مدت هستند. در ۲۰ جلسه می‌توانید پیشرفت‌هایی را در بیمارانی با افسردگی ملایم مشاهده کنید و چند مطالعه مقدماتی در مورد بیماران روان‌پریش وجود دارد که در تصویربرداری از مغز آن‌ها می‌توانید یک ناهنجاری متابولیکی را در هسته دُمدار مشاهده کنید. اگر شما بیماران را با روان‌کاوی درمان کنید و آن‌ها بهتر شوند، این ناهنجاری برطرف می‌شود، که این همان چیزی است که با مصرف داروهایی مثل پروزاک^{۲۳} نیز رخ می‌دهد. پس این دلگرم‌کننده است. ما می‌خواهیم دریابیم که آیا علمی در اینجا وجود دارد؟ و کسانی مانند **تام اینسل**^{۲۴} رئیس انستیتوی ملی سلامت ذهن^{۲۵} نیز می‌خواهند در آن سهیم باشند.

• آیا تا کنون هیچ‌کس چنین مطالعاتی را انجام نداده است؟

- به‌طور قاعده‌مند، خیر. ما می‌خواهیم این مطالعات را در ابعاد بزرگ‌تری انجام دهیم، شاید با بررسی بیماران چندین دانشگاه با تشخیص‌های طبی متفاوت دریابیم که چگونه یک روان‌کاوی کنترل شده به تغییراتی فیزیکی در مغز، به‌عنوان نتیجه‌ای از درمان، می‌انجامد.

• چرا پیش از این هیچ‌کس از روش‌های تصویربرداری برای مطالعه روان‌کاوی استفاده نکرده است؟

- این موضوعی بسیار جدید است. فقط در سال‌های اخیر است که روان‌پزشکان مطمئن شده‌اند روان‌درمانی تحت این شرایط مؤثر است. اصول این روش تصویربرداری نسبتاً جدید است. ما به یک نشانگر زیستی^{۲۶} نیاز داریم تا دریابیم که آیا این نشانگر می‌تواند تغییر کند یا خیر. بنابراین مسائل تکنیکی فراوانی وجود دارد. می‌دانید، شناخت ما از مغز بسیار ابتدایی است. این‌ها مشکل‌ترین مسائل در زیست‌شناسی هستند.

• چه بیماری‌هایی ممکن است در این مطالعه بررسی شوند؟

- نخست روان‌پریشی و اختلالات اضطرابی، مانند تنش‌های پس از آسیب‌های روانی.

• اولین تریدهای شما درباره روان‌درمانی از کی شروع شد؟

- فکر کنم در اوایل دهه ۶۰، وقتی رزیدنت روان‌پزشکی در انستیتو ملی سلامت بودم، ۳۰ سالم بود. داشتم برای تخصص

روان‌پزشکی تعلیم می‌دیدم. به‌عنوان بخشی از تعلیم خود، باید بیماران را روان‌کاوی می‌کردم. اما این روان‌کاوی نبود که موجب تردیدم شد. من واقعاً از آن بهره‌های وافر بردم. حقیقت این بود که روان‌کاوی به‌عنوان یک رشته، علمی نشده بود.

نشده است. آنچه که بنیاد الیسون و من امیدواریم در روان‌پزشکی پیش بگیریم روش «همه‌جانبه‌گرا» است که در آن روان‌کاوی به همان اندازه دارو-درمانی مؤثر است.

• یک روان‌شناس باید از چه چیزهایی مطلع باشد؟

- نخست اینکه به گمان من کسانی که در روان‌پزشکی کار می‌کنند باید دارای پس‌زمینه‌ای در علوم اعصاب باشند، زیرا روان‌پزشکی در واقع شکلی از علوم اعصاب بالینی است. دوم اینکه باید تا آنجایی که ممکن است به بیمار نشان دهند که روش‌های درمانی آن‌ها مؤثر است. من یک معیار الزامی را پیشنهاد می‌کنم: با روش‌های تصویر برداری از مغز، هم‌چون FMRI که جریان خون در مغز را اندازه می‌گیرد می‌توان ناهنجاری را در مغز بیماران آشکار کرد و سپس از تصویربرداری به این منظور استفاده کرد که آیا با پیشرفت درمان تغییری در نشان‌گرهای زیستی آن بیماری رخ داده است یا خیر. روان‌پزشکان لازم نیست از دانش زیست‌شناسی در درمان استفاده کنند، بلکه باید از اینکه آن نشان‌گرها چیستند، مطلع باشند و بتوانند به نتیجه آن پی ببرند.

• نظر تان راجع به این روزهای روان‌درمانی چیست؟

- خب، کمی آشفته است، زیرا درمان‌های رقیب متعددی وجود دارد. شاید بخواهیم روش‌های درمانی را مقایسه کنیم. منظورم این است چه کسی می‌داند کدام بهترین است؟ ممکن است شما از یکی سود ببرید و من از یکی دیگر. انواع متفاوت بیماری‌ها و انواع مختلف اختلالات روانی ممکن است به‌وسیله نوعی روان‌کاوی درمان شود که در مقابل روشی دیگر است. به گمان من به معیار مستقلی برای

زمانی بود که روان‌کاوان می‌خواستند کاری به زیست‌شناسی نداشته باشند و زیست‌شناسان نمی‌خواستند در تماس با روان‌کاوان باشند

ارزیابی نیاز داریم و فکر می‌کنم تصویربرداری یکی از ابزارها برای تحقق چنین امری باشد.

• آیا هیچ پژوهش تازه‌ای در علوم اعصاب هست که شما را شگفت‌زده کرده باشد؟

- معلوم است؛ خیلی چیزها هستند. مثلاً مطالعه نحوه تصمیم‌گیری در مغز توسط کسانی چون پاول گلیمچر^{۲۷} بسیار جالب است. کار ویلیام نیوسام^{۲۸} روی اهمیت ارج و قرب در تصمیم‌گیری. کار جاکومو ریتسولاتی^{۲۹} روی انتقال فکر و این که چگونه میمون‌ها از هم تقلید می‌کنند بسیار مهم است. کاری که ریچارد اکسل^{۳۰} و لیندا باک^{۳۱} روی بوییدن انجام داده‌اند، بی‌نهایت جالب است. به گمانم کار روی مبانی مولکولی رفتارهای اجتماعی توسط تام اینسل و کوری بارگمن^{۳۲} بسیار جالب است و کار تام جسل^{۳۳} با شبکه‌های عصبی فوق‌العاده مهم است. کار اشتن گرینر^{۳۴} روی طرز کار مدارهای عصبی پیچیده نیز بی‌نهایت مهم است. باید تأکید کنم که پیشرفت در درک سیستم‌های حرکتی پیشرفتی شگرف است و در درک ما از چگونگی عملکرد دستگاه عصبی تحولی عظیم ایجاد می‌کند.

• آیا شکاف بین روان‌شناسی و نوروبیولوژی به بیماران لطمه زده است؟

- به گمان من درمان‌های مبتنی بر دارو انقلابی در روان‌پزشکی ایجاد کرده است. از طرف دیگر، بر این گمانم هر کسی که درمان‌های روان‌پزشکی را انجام داده است اذعان دارد که دارودرمانی بسیار مؤثر است، ولی کامل نیست. بیمارانی بوده‌اند که سودی از آن نبرده‌اند، بیمارانی بوده‌اند که از دارو همراه با روان‌کاوی سود برده‌اند و در بعضی

به گمان من کسانی که در روان‌پزشکی کار می‌کنند باید دارای پس‌زمینه‌ای در علوم اعصاب باشند، زیرا روان‌پزشکی در واقع شکلی از علوم اعصاب بالینی است

• آیا این پژوهش‌ها به تدریج وارد روان‌درمانی می‌شوند؟

- بله، بی‌گمان رزیدنت‌های روان‌پزشکی باید هم‌چون رزیدنت‌های نورولوژی، آموزشی در علوم اعصاب ببینند و این در حال رخ دادن است. درواقع، من آن‌ها را به‌عنوان رشته‌هایی می‌بینم که تقریباً با یکدیگر مرتبط‌اند. منظورم این است، گرچه روش‌های روان‌درمانی

اوقات روان‌کاوی به تنهایی مؤثر بوده است. زمانی بود که روان‌کاوان می‌خواستند کاری به زیست‌شناسی نداشته باشند و زیست‌شناسان نمی‌خواستند در تماس با روان‌کاوان باشند. اکنون اوضاع عوض شده است. اکنون به روش قاعده‌مندی نیاز داریم تا بخش روان‌کاوی درمان را به جنبه‌های دارو-درمانی آن نزدیک کنیم. کاری که هنوز انجام

آن‌ها و ماهیت‌شان متفاوت است، ولی در هر دو علم مغز به‌عنوان عضوی که هدف بیماری است، معالجه می‌شود.

• ولی در واقع چنین چیزی رخ نداده است، این طور نیست؟

- فکر نکنم این حرف منصفانه باشد. آن‌ها دارند به آرامی به هم نزدیک می‌شوند. این در حال رخ دادن است. البته نه به آن سرعتی که من می‌خواهم. همان‌طور که «دیسکاور» هم چیزها را به همان سرعتی که من می‌خواهم چاپ نمی‌کند [می‌خندد].

• بزرگ‌ترین پرسش‌های بی‌پاسخ در علوم اعصاب کدامند؟

- به گمانم ما باید دریابیم که اطلاعات حسی چگونه به کُنش منتهی می‌شوند. باید دریابیم که چگونه فرایندهای ذهنی ناخودآگاه ایجاد می‌شوند. آن‌ها در کجا رخ می‌دهند؟ مرحله‌های پردازش چیست؟ سرشت تصمیم‌گیری چیست؟ سرشت اراده آزاد چیست؟ آیا می‌توانیم به نقطه توقفی در درک خودآگاهی برسیم؟

چقدر به درک خودآگاهی نزدیک شده‌ایم؟

- فکر کنم پیشرفت تجربی زیادی انجام نداده‌ایم. ولی به گمانم پیشرفت‌های نظری نسبتاً خوبی انجام شده است. کار جرالد ادلمن^{۳۵} و آنتونیو داماسیو^{۳۶} و کار کریستوف کچ^{۳۷} و فرانسویس کریک^{۳۸} از این جهت که به ما می‌آموزند به این مسائل در مسیر درستی فکر کنیم، تأثیر بسزایی دارند.

• به گمان شما، آیا پژوهشگران به سرشت خودآگاهی پی خواهند برد؟

- من هیچ حدسی ندارم. به گمانم این مسئله‌ای بسیار عمیق است و من هیچ فکر بدیعی راجع به آن ندارم.

Y. عنوان و سال دریافت جوایز علمی معتبر توسط کاندل بدین قرار است:

- Albert Lasker Award for Basic Medical Research (1983)
- Gairdner Foundation International Award (1987)
- NAS Award for Scientific Reviewing of the National Academy of Sciences (1988)[11]
- National Medal of Science (1988)
- Harvey Prize (1993)
- Wolf Prize in Medicine (1999)
- Nobel Prize in Physiology or Medicine (2000)
- Charles A Dana Award for Pioneering Achievement in Health (1997)
- Austrian Decoration for Science and Art (2005)
- Viktor Frankl Award of the City of Vienna (2008)
- 8. Kavli Prize
- 9. Norwegian Academy of Science and Letters
- 10. Kavli Foundation

۱۱. این مصاحبه ترجمه‌ای است از مصاحبه مجله دیسکاور با اریک کاندل که مشخصات آن بدین قرار است:

- “Does psychotherapy work? We’d be a lot more certain if we slapped a little science on it.” (Interview: Nobel Laureate Eric Kandel), Discover, April 2006, by Susan Kruglinski, Photography by Eric McNatt
- 12. stathmin gene
 - 13. anti-anxiety agent
 - 14. Positive reinforcement
 - 15. mediate
 - 16. caudate
 - 17. Ellison Medical Foundation
 - 18. MRI
 - 19. Aaron Beck
 - 20. Pennsylvania university
 - 21. Interpersonal therapy
 - 22. Myrna Weissman
 - 23. Prozac
 - 24. Thomas R. Insel
 - 25. National Institute of Mental Health
 - 26. biological marker
 - 27. Paul Glimcher
 - 28. William Newsom
 - 29. Giacomo Rizzolatti
 - 30. Richard Axel
 - 31. Lind Buck
 - 32. Cori Bargman
 - 33. Thomas M. Jessell
 - 34. Sten Grillner
 - 35. Gerald Edelman
 - 36. Antonio Damasio
 - 37. Christof Koch
 - 38. Francis Crick

پی‌نوشت‌ها

1. Eric Kandel, James Schwartz, Thomas Jessell, Steven A. Siegelbaum, A.J. Hudspeth. Principles of Neural Science, McGraw-Hill, 5th Edition, 2012.
2. National Institutes of Health (NIH)
3. Arvid Carlsson
4. Paul Greengard
5. In Search of Memory: The Emergence of a New Science of Mind, W.W. Norton Co., 2006 (Reprints: 2007, 2008)
6. Petra Seeger