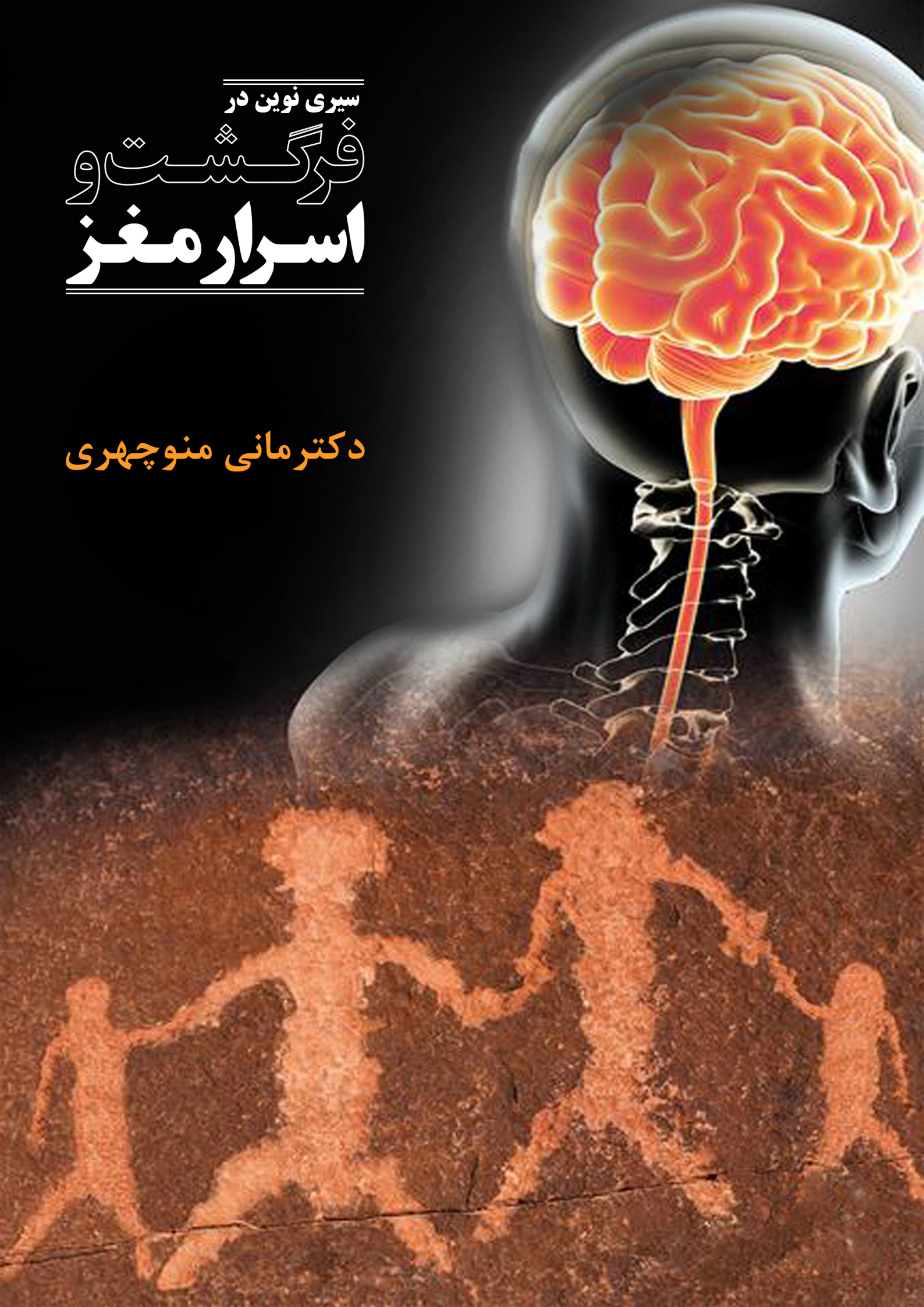
سیری نوین در

فرگشت و اسرار مغز

دکترمانی منوچهری



سیری نوین
در فرگشت و اسرار مغز

مجموعه گفتارهای
دکتر مانی منوچهری
در گروه Evolution

2017

گردآوری،ویراست وصفحه آرایی
رضا شاهسواری

فهرست مطالب

سخنی با مخاطب	۵
فصل اول : فرگشت رفتار	۶
فصل دوم : روابط اجتماعی	۲۹
فصل سوم : تصمیم و آزادی اراده	۳۶
فصل چهارم: آگاهی	۳۹
فصل پنجم : مواد مخدر	۶۸
فصل ششم : ساختار شیمیایی	۷۳
فصل هفتم : اندام حسی ، ادراک	۷۹
فصل هشتم : پاداش	۹۲
فصل نهم : توّهم	۹۵
فصل دهم : ساختار مغز	۹۸
فصل یازدهم : خواب	۱۱۱
فصل دوازدهم : کودکان	۱۱۶
فصل سیزدهم : فرگشت حافظه	۱۲۴
فصل چهاردهم: فرگشت زیبایی	۱۳۲
فصل پانزدهم : انعطاف پذیری مغز	۱۳۸

سخنی با مخاطب

با درود به مخاطب گرامی

مجموعه پیش رو مطالبیست که در گروه Evolution توسط اینجانب بر گرفته از کتب انگلیسی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ ، مقالات ، میکس و نگارشی دوباره ارائه گردیده است.

همه مطالب خط به خط رفرنس معتبر دارد ولی بدلیل اینکه این مجموعه فقط برای دسترسی آسان مخاطبان این گروه به موضوعات مختلف تهیه و تنظیم شده و کتاب نیست از ذکر منابع خودداری گردیده است ضمناً فصلها براساس مطالب ارائه شده تنظیم گردیده اند.

در پایان از جناب رضا شاهسواری گرامی که در تنظیم و ویراستاری مطالب ، بر من منت گذاشتند قدر دانی میکنم همچنین از مدیران گروه جناب آقای سارابی و مسیگل و سایر دوستان بینهایت سپاسگزارم و از اینکه کمی و کاستی در این مجموعه را به بزرگواری خود میبخشید سپاسگزارتان میباشم.

مانی منوچهری

٦ دی ماه ١٣٩٦

فصل اول

فرگشت رفتار

ابتدا به اشتباهی رایج در فرگشت که اینجانب نیز متاسفانه همیشه بکار میبرم میپردازم و در ادامه بخوانید داستان زیبایی که برای اولین بار منجر به مرگ ایده انتخاب گروهی شد.

اشتباهی رایج :

فرگشت به بقای موجودات اصلح کمک می‌کند.در حالیکه فرگشت به معنی تولیدمثل و انتقال نسخه های کپی ژن است.
تفاوت میان بقا و تولیدمثل با پلیوتروپی آنتاگونیستی مشخص میشود(Antagonistic Pleiotropy)زمانیست که یک ژن بیش از یک صفت راکنترل میکند وحداقل یکی از این صفات برای تناسب ارگانیسم مفید و حداقل یکی برای تناسب اندام ارگانیسم مضر میباشد)، یعنی صفاتی که برازش تناسلی(آمادگی تولید مثل) را در اوایل زندگی افزایش می‌دهند، اما طول عمر را کاهش می‌دهند.

به‌طور مثال، پروستات انسان‌های اولیه میزان سوخت‌وساز بالایی دارد که جنبش اسپرم را بالا می‌برد. مزیت: باروری بیشتر؛ عیب: افزایش خطر سرطان پروستات.

پلیوتروپی آنتاگونیستی به‌طور چشمگیری در ماهی سالمون رخ می‌دهد که به محل تخم‌ریزی خود حرکت می‌کنند تا تولیدمثل کرده و سپس می میرند.
اگر فرگشت به جای انتقال کپی های ژن، به معنی بقاء بود، پلیوتروپی آنتاگونیستی وجود نداشت.

مرگ ایده انتخاب گروهی

یک کفتار به تعدادی گورخر نزدیک می‌شود. اگر نزدیک‌ترین گورخر به کفتار یک گونه انتخاب‌گر گروهی بود، چه عکس‌العملی نشان می‌داد؟ سر جای خود می‌ایستاد، و خود را قربانی گروه می کرد. در طرف مقابل، گورخر انتخاب‌گر فردی با سرعت از مهلکه می‌گریخت. گورخرها با سرعت می گریزند. حال تصور کنید که کفتارها یک گورخر را کشته‌اند.
در طرز تفکر انتخاب گروهی، تمامی کفتارها در آرامش و به نوبت سهم خود را می‌خورند. اما در انتخاب فردی جنون برای همه آزاد است. اتفاقی که در واقع رخ می‌دهد.
اما صبر کنید، طرفداران انتخاب گروهی می‌گویند، آیا این به نفع گونه‌های گورخر نیست که سریع‌ترین حیوانات زنده بمانند و ژن‌های سریع دویدن را به نسل بعد انتقال دهند؟ همچنین اگر درنده‌ترین کفتار بیشترین غذا را به دست آورد به نفع کل گروه کفتارها خواهد بود.
با مشاهده تفاوت‌های رفتاری بیشتر، به استدلال‌های بیشتری برای پیروی از نظریه انتخاب گروهی نیاز خواهد بود. اما یک مشاهده منفرد نظریه انتخاب گروهی را با خاک یکسان می‌کند.
در سال ۱۹۷۷ Sarah Blaffer Hrdy نخستی‌شناس دانشگاه هاروارد رویداد قابل توجهی را مستند کرد: میمون‌های لانگور در منطقه ماونت ابو در کشور هندMount Abo یکدیگر را می‌کشتند. مردم پیش از این می‌دانستند که نخستی‌سانان نر برای سلطه با یکدیگر مبارزه می‌کنند و یکدیگر را می‌کشند، بسیار خب این مسئله در مورد جاندارن نر قابل قبول است. اما این آن چیزی نیست که هردی گزارش داد؛ میمون‌های نر نوزادها را می‌کشتند.
هنگامیکه مردم مستندات دقیق وی را پذیرفتند، پاسخ ساده‌ای برای این معما ارایه شد؛به دلیل اینکه نوزادها بامزه هستند و از خشونت

جلوگیری می‌کنند، اتفاقی بیمار گونه باید در حال رخ دادن باشد. شاید تراکم جمعیتی میمون‌های لانگور در آن منطقه بسیار بالا بود و همه در قحطی به سر می‌برند، یا خشونت نرها در حال فوران بود، یا نرهای بچه‌کش مردگان متحرک بودند. مشخصا اتفاق غیر عادی و جنون‌آمیزی در حال رخ دادن بود.

هردی این توضیحات را کنار گذاشت و الگویی گویا برای مسئله بچه‌کشی ارایه کرد. میمون‌های لانگور ماده در گروه‌هایی با تنها یک ساکن نر بارور زندگی می‌کنند. در جاهای دیگر گروه‌هایی وجود دارند که تمامی اعضاء آنها نر هستند و دائما میمون نر ساکن گروه ماده‌ها را بیرون می‌کنند؛ بعد از مبارزه، یک میمون نر باقی میمون‌های نر را بیرون می‌کند.

اکنون اینجا قلمروی اوست، که از میمون‌های ماده و بچه‌های نر قبلی تشکیل شده است. و مهمتر از همه، میانگین دوره تصرف یک میمون نر بارور (حدود بیست‌وهفت ماه) کوتاهتر از میانگین مدت زمان بین

دو تولید مثل است. در این زمان هیچکدام از ماده‌ها تخمک نمی‌سازند، زیرا مشغول پرستاری از بچه‌ها هستند؛ بدین ترتیب، نر آماده جفت‌گیری جدید پیش از اینکه ماده‌ها بچه‌های خود را از شیر بگیرند و آماده تخمک‌سازی شوند از گروه بیرون رانده خواهد شد. تمامی تلاش‌های وی بی نتیجه خواهد ماند، و ژن‌هایش به نسل بعد انتقال نمی‌یابند.

به لحاظ منطقی او باید چکار کند؟ بچه‌ها را بکشد؟

این امر موجب کاهش موفقیت نر پیشین در تولید مثل می‌شود، و با توجه به اینکه ماده‌ها پرستاری از بچه‌ها را متوقف می‌کنند، آماده تخمک‌سازی می‌شوند.

(نکته: هیچکس بر این باور نیست که میمون لانگور تمامی جوانب این مسئله را بیشتر از آرتیما (گونه‌ای از میگوها) در نظر بگیرد که نوعی استراتژی رفتاری بهینه در آنها برای تولید مثل فرگشت یافته است. «هدف» حیوان این است که «می‌خواهد» کپی‌هایی از ژن‌های خود را به نسل بعدی انتقال دهد و از اینرو تصمیم می‌گیرد کار X را انجام دهد. این گفته صرفا خلاصه‌ای از جمله‌ای شبیه به این است؛ «در طول دوره هزاره افرادی که کار X را انجام داده‌اند کپی‌های از ژن‌های خود را با نرخ بالاتری به نسل بعد انتقال داده‌اند، و این به یک ویژگی رفتاری مشترک میان این گونه ها تبدیل شده است».

جانداران چیزی در مورد زیست‌شناسی فرگشتی نمی‌دانند، درست همانطور که نمونه‌های اولیه بال‌های هواپیما در تونل باد چیزی در مورد ایرودینامیک نمی‌دانند).

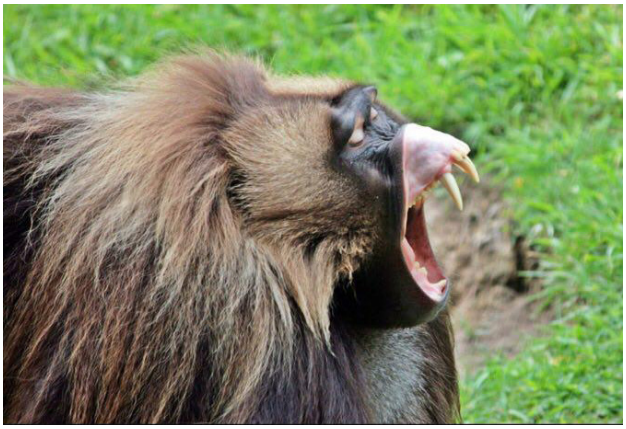
خوب این دیدگاه حیوان نر است که بچه را باید کشت.

اما ماده چی؟ تعداد کپی‌های ژن‌هایی که آنها به نسل بعدی انتقال می‌دهند نیز به حداقل می‌رسد. ماده‌ها با میمون نر مبارزه می‌کنند، و از بچه‌های خود محافظت می‌کنند.

درآنها همچنین استراتژی جدیدی فرگشت یافته است و به شبه فحلی می‌روند؛ یعنی تظاهر می‌کنند که آماده بارور شدن هستند. با میمون نر جفت‌گیری می‌کنند. و از آنجا که نرها چیزی در مورد زیست‌شناسی میمون لانگور نمی‌دانند، گول می‌خورند و با خود می‌گوید؛

«امروز صبح باهاش جفت‌گیری کردم و الان یک بچه دارد؛ من مرد برتر این گروه هستم». میمون‌های نر اغلب حملات بچه‌کشانه خود را متوقف می‌کنند.

علی‌رغم شک‌گرایی اولیه، بچه‌کشی رقابتی در ۱۱۹ گونه شامل شیرها، اسب‌های آبی، و شامپانزه‌ها به اثبات رسیده است. شکل متفاوتی از این رویداد در همسترها رخ می‌دهد؛ به دلیل اینکه نرها کوچ‌نشین هستند، با هر بچه‌ای که روبرو می‌شوند مشخصا بچه آنها نیست، و بنابراین تلاش می‌کنند آن را بکشند (این قانون را به یاد داشته باشید که هرگز نباید همستر نر را در یک قفس کنار بچه همسترها قرار دهید). شکل دیگری از این رویداد میان اسب‌های وحشی و عنترهای گلادا رخ می‌دهد.



نر جدید ماده‌های حامله را ت زمان افتادن بچه آزار می‌دهد. یا فرض کنید که شما یک موش حامله هستید و یک نر بچه‌کش از راه می‌رسد. زمانیکه زایمان کنید، بچه‌های شما کشته خواهند شد، تمامی انرژی که برای حاملگی صرف کرده‌اید به هدر خواهد رفت. واکنش منطقی شما چه خواهد بود؟ با «اثر بروس» جلوی ضررها را بگیرید، که طی آن در صورتیکه ماده بوی یک نر جدید را احساس کنند، بچه را می‌اندازند.

بنابراین بچه‌کشی رقابتی در انواع مختلفی از گونه‌ها رخ می‌دهد (همچنین میان شامپانزه‌های ماده، که گاهی اوقات بچه‌های ماده‌های ناوابسته را می‌کشند).

هیچ یک از این رویدادها خارج از نظریه انتخاب فردی مبتنی بر ژن منطقی نخواهند بود.انتخاب فردی با وضوح بسیار بالایی توسط گوریل‌های کوهستانی به اثبات رسیده است، این حیوانات بشدت در خطر هستند، و در جنگل‌های بارانی مرتفع در مرزهای میان کشورهای اوگاندا، رواندا، و جمهوری دموکراتیک کونگو زندگی می‌کنند. به دلیل تخریب زیستگاه، بیماری‌های انتقال یافته از انسان‌هایی که در اطراف زیستگاه آنها بصورت غیر قانونی به شکار می‌پردازند، و اضطراب‌های ناشی از عملیات‌های جنگی که در سراسر این مرزها روی می‌دهند، تنها حدود یک هزار گوریل بر روی زمین باقی مانده است. و همچنین به دلیل اینکه گوریل‌های کوهستانی نیز از رسم بچه‌کشی پیروی می‌کنند. این عمل استدلالی دال بر وجود این نیت در گونه‌ها است که تعداد کپی‌های ژن‌های خود که به نسل بعد انتقال می‌دهند را به حداکثر برسانند، و در عین حال، این حیوانات را به سمت انقراض می‌برد. این عمل به معنی رفتار در جهت بهبود گونه‌ها نیست

.

در رابطه با انتخاب طبیعی و اینکه کدام سطح از انتخابها قابل قبول است بحثهای گوناگونی رخ داده که امروزه منجر به شکل گیری تعریف واحدی بنام انتخاب چند سطحی Multilevel Selection گشته است
خوب همیشه چیزی وجود نداشته که انتخاب فردی را در تنگنا ها زیر سئوال ببرد فقط بحث بر سر این بوده که چگونه انتخاب خویشاوندی با اینکه در برخی موارد نقض میشود در بدن بسیاری از جانداران مکانیسمهایی را برای تشخیص خویشاوند شکل داده یا بحث بر سر اینکه چگونه گروههای اجتماعی براساس نوع دوستی متقابل بدون کوچکترین خویشاوندی شکل میگیرد یا چگونه گروههای Eusocial یا هوخانمان در بین حشراتی مثل مورچه و زنبور و .. شکل میگیرد.
امروزه انتخاب گروهی بشکل جدید Neo selection یا انتخاب گروهی نوین تجلی یافته که کاملاً منطبق بر انتخاب چند سطحی است قبل از ورود به انتخاب چند سطحی و بدنبال آن انتخاب گروهی نوین به اطلاع میرسانم.

Multilevel Selection

فنوتیپ در مقابل فنوتیپ، و معنی دارترین سطح انتخاب.
بیایید برای درک این موضوع به مقایسه ژنوتیپ با فنوتیپ بپردازیم.

ژنوتیپ = آرایش ژنتیکی فرد.
فنوتیپ = صفات قابل مشاهده در جهان خارج که توسط همان ژنوتیپ ایجاد شده اند.

فرض کنید ژنی وجود دارد که روی جدا بودن یا به هم پیوسته بودن ابروهایتان تاثیر میگذارد. متوجه شده اید که فراوانی ابروهای به هم پیوسته در جمعیتی رو به افول است. کدام سطح برای درک علت این مسئله مهمتر است – واریانت ژنی یا فنوتیپ ابرو؟
میدانیم که ژنوتیپ و فنوتیپ به علت اثرات متقابل ژن/ محیط با یکدیگر مترادف نیستند.
شاید برخی از تاثیرات محیطیِ پیشاتولدی یکی از نسخه های ژن را خاموش میکنند اما با دیگری کاری ندارند. شاید زیر مجموعه ای از جمعیت به دینی اعتقاد دارند که بنابر موازین آن باید ابروهایتان را هنگامی که در نزدیک فردی از جنس مقابل قرار دارید بپوشانید، و به این ترتیب فنوتیپ ابرو در معرض انتخاب جنسی قرار نمیگیرد.

شما یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی هستید و روی کاهش پیوسته ابروها پژوهش میکنید و باید انتخاب کنید که آیا میخواهید بررسی هایتان را به سطح ژنوتیپ معطوف کنید یا به سطح فنوتیپ.
در سطح ژنوتیپ شما باید : واریانتهای ژن ابرو را توالی یابی کنید، و تلاش کنید تا تنظیمات آنها را درک کنید. در سطح فنوتیپ شما باید: به بررسی بپردازید، فرضاً، ارتباط ظاهر ابرو و انتخاب جفت را بررسی کنید، یا بررسی کنید که آیا ابروها باعث جذب گرمای بیشتری از خورشید میشوند و در نتیجه باعث آسیب رسیدن به قشر فرونتال مغز و ایجاد رفتارهای نامناسب اجتماعی و کاهش موفقیت تولید مثلی میشوند یا خیر.

بحث بر سر این مسئله است – درک هر چه بهتری از فرگشت با تمرکز روی ژنوتیپ حاصل میشود یا فنوتیپ؟

بارزترین فرد حمایت کننده از نگرشِ ژن محور داوکینز بود که مِم نمادینِ «ژن خودخواه» به او تعلق دارد – ژن خودخواه ژنی است که به نسل بعد منتقل میشود و واریانتهایش در طول زمان گسترش یا کاهش مییابند. یک ژن علاوه بر اینکه توالی واضح و متمایزی از حروف است، تقلیلگرا و ابطال ناپذیر است، در حالیکه صفات فنوتیپی با ابهام زیادی همراه هستند و تمایزیابی آنها دشوار است.

این هسته مفهوم این عبارت است که میگوید: «مرغ ، فقط روش تخم مرغ برای ایجاد تخم مرغی دیگر است» – ارگانیسم فقط وسیله ای برای ژنوم است تا بتواند در نسل بعد همتاسازی شود، و رفتار صرفاً این پدیده متناظر و کم اثر است که همتاسازی را تسهیل میکند.

چنین نگرش ژن محوری به دو بخش تقسیم پذیر است. اول آنکه ژنوم (یعنی، مجموع تمام ژنها، عناصر تنظیمی و غیره) برای تفکر پیرامون مسائل بهترین سطح به شمار میرود.
دیدگاه افراطی تری که داوکینز آن را مطرح کرد این است که ژنهای منفرد مناسبترین سطح برای نیل به این مقصود هستند – یعنی، ژنهای خودخواه، و نه ژنومهای خودخواه.

با وجود شواهدی برای انتخاب تک ژنی (پدیده مبهمی به نام نزاع درون ژنومی که وارد بحثش نمیشویم)، اکثر افرادی که ژن(ها) را در مقایسه با فنوتیپ مهم میدانند، خودخواهیِ تک ژنی را موضوعی فرعی میپندارند و انتخاب در سطح ژنوم را، که از نظرشان اهمیت فراوانی دارد، تصدیق میکنند.

ضمناً نگرشی وجود دارد که بر طبق آن فنوتیپ روی دست ژنوتیپ بلند میشود.

ارنست مایر، استیون جی گولد و سایرین از این نگرش دفاع کرده اند. هسته استدلال آنها این است که این فنوتیپها و نه ژنوتیپها هستند که انتخاب شده اند.
همان طور که گولد مینویسد، «مهم نیست که داوکینز تلاش دارد تا ژنها را تا چه حد قدرتمند معرفی کند، یک چیز وجود دارد که او نمیتواند به آنها ببخشد و آن رویت پذیریِ مستقیم توسط انتخاب طبیعی است». در آن نگرش، ژنها و فرکانس واریانتهای آنها صرفاً سندی هستند از آن چیزی که از انتخاب طبیعی حاصل میشود.

داوکینز یک استعاره عالی را مطرح کرد: دستور طبخ کیک ژنوم محسوب میشود، و طعم کیک همان فنوتیپ است. برترپندارانِ ژنوتیپ تاکید میکنند که دستور طبخ همان چیزی است که به نسل بعد منتقل میشود، یا دنباله ای از واژگان است که به ایجاد تکثیر کننده ای پایدار کمک میکند.

اما افراد کیکها را بر اساس طعم و نه دستور طبخشان انتخاب میکنند، این افراد همان طرفداران فنوتیپ هستند. طعم بازتاب چیزی بیشتر از دستور طبخ است – بالاخره تاثیرات متقابل دستور طبخ/ محیط وجود دارد، از جمله اینکه کیک پزها در میزان مهارتهایشان متفاوت هستند، و کیکها در ارتفاعات مختلف به شیوه های مختلفی طبخ میشوند، و غیره.
پرسش دستور طبخ – در مقابلِ – طعم را میتوان در عمل بیان کرد: شرکت تولیدی کیک شما به قدر کافی فروش ندارد. حال دستور طبخ را عوض میکنید یا کیک پزتان را؟
نمیتوانیم با هم به تفاهم برسیم؟ پاسخ این پرسش برخاسته از شفقت محض است، یعنی اینکه برای تمام نگرشها و مکانیسمها در زیر این طاق هفت رنگِ تنوع فرگشتی جایگاهی وجود دارد.
شرایط مختلف موجب پدیدآمدن سطوح مختلف انتخاب در صف اول میشوند. گاهی اوقات ژنی منفرد پر محتواترین سطح قلمداد میشود، گاهی ژنوم، گاهی یک صفت منفرد فنوتیپی، و گاهی اوقات مجموعهای از تمام صفات فنوتیپیِ ارگانیسم پر محتواترین سطح محسوب میشود. اخیراً به ایده منطقیِ انتخاب چند سطحی دست یافته ایم.
تجدید حیاتِ انتخاب گروهی

هورا، و این هم پیشرفت. گاهی اوقات معقولانه ترین کار توجه به دستورطبخ و گاهی هم توجه به فرآیند طبخ است؛ دستور طبخ همان چیزی است که همتاسازی شده، و طعم همان چیزی است که انتخاب شده است.

اما سطح دیگری هم وجود دارد. گاهی اوقات فروش کیک متعاقب تغییر دادن چیزی به غیر از دستور طبخ یا طعم تغییر میکند – یعنی همان تبلیغات، بسته بندی، یا درک اینکه این کیک از ضروریات تغذیه ای افراد است یا چیزی تجملی به شمار میآید. گاهی اوقات فروش به علت تلاش برای پیوند زدن محصول با مخاطبی خاص تغییر میکند. به محصولاتی بیاندیشید که شیوه های تجارت عادلانه را تبلیغ میکنند. شرکت شیرینی پزی مسلمانان سیاه پوست که متعلق به امّت اسلام است، یا ایدئولوژی بنیادگرایان مسیحیت برای احداث رستورانهای چیک– فیل– اِی chick–fil–A.

در چنین مواردی تصمیم به خرید در وهله اول به ایدئولوژی افراد مربوط میشود و بعد به دستور طبخ یا طعم.

این جا است که انتخاب گروهیِ نوین با انتخاب چند سطحی تطبیق مییابد – این ایده که برخی صفات موروثی ممکن است برای فرد ناسازگار اما برای گروه سازگار باشند. در این حالت تعاون و تلاش برای منفعت رساندن به اجتماع کاملاً مشهود است، و این یافته مستقیماً از آنالیز رفتارهای این به آن در کننده ها حاصل آمده است که در انبوهی از همیشه رویگردانها به دنبال یکدیگر میگردند. به بیان صریحتر، این حالت در زمانی است که «الف» بر «ب» چیره است اما گروهی از «ب»ها بر گروهی از «الف»ها چیره هستند.

در اینجا نمونه ای عالی از انتخاب گروهی نوین مطرح شده است: به عنوان یک پرورش دهنده طیور مایل هستید تا گروههای مرغ تا حد امکان تخم بگذارند.

بارورترین تخمگذار را از هر گروه جدا کنید، و با آنها گروهی از مرغهای اَبَر ستاره را بسازید. احتمال میدهید که اعضای این گروه بسیار زایا خواهند بود. اما در عوض از میزان تولید تخم بسیار کاسته میشود.
چرا هر یک از این اَبَر ستاره ها در گروه اصلی خود ملکه تخمگذار است؟ به این دلیل که او با حالتی ستیزه جویانه آنقدر به اعضای زیردست در گروه نوک میزند و آنها را تحت فشار قرار میدهد تا از باروریشان بکاهند. تمام اینهایی که زادآوری متوسطی دارند را در کنار هم قرار دهید. حالا این مرغان زیردست بیش از گروه اَبَر ستارهها تخم خواهند گذاشت.

این مشاهده با این گفتار که «رفتار حیوانات از سرِ کمک به دیگر اعضای گونه شان است» کاملاً متفاوت است. در عوض، این وضعیت برخاسته از صفتی متاثر از ژنتیک است که در عینِ حال که در سطح فردی سازگار است، در زمانی که در گروه به اشتراک گذاشته میشود یا رقابتی بین گروهها برقرار است ناسازگاری نشان میدهد. (برای مثال، برای به دست آوردن نیش اکولوژیکی).

با گرایش به انتخاب گروهیِ نوین بسیار مقابله شده است. بخشی از آن ناشی از احساسات است، و غالباً بین محافظان قدیمی اعلام میشود – «بسیار خوب، بالاخره تمام ویدئوهای پادشاهی وحش را مصادره کردیم، و حالا میخواهیم با احساسات برانگیخته ای ناشی از انتخاب گروهی مجدداً به سراغ بازی Whac–A–Mole برویم؟».
اما مقاوت اساسی تر از جانب کسانی است که انتخاب گروهی قدیمی و بد را از انتخاب گروهیِ نوین تشخیص میدهند، احتمال وقوع انتخاب گروهیِ نوین را تصدیق میکنند، اما تصور میکنند که احتمال آن بسیار اندک است.
شاید در تمام سلسله حیوانات وضع چنین است. اما انتخاب گروهیِ نوین با فراوانی و پیامد چشمگیری در انسانها رخ میدهد.

گروهها برای به دست آوردن زمینهای شکار، چراگاهها، و منابع آب با یکدیگر رقابت میکنند. فرهنگها انتخاب میان– گروهی را تشدید میکنند و با قوم پرستی، تعصبات مذهبی، سیاستهای مبتنی بر نژاد و غیره از شدت انتخاب درون– گروهی میکاهند.

ساموئل باولزِ Bowles اقتصاددان، از موسسه Santa Fe، بر این مسئله تاکید دارد که چگونه یک نزاع بین گروهی همانند جنگ ،نیرویی پیشبرنده برای همکاریهای درون گروهی («نوعدوستیِ تنگ نظرانه») است؛ او عبارت «قابله نوعدوستی» را برای اشاره به نزاع بین گروهی برگزیده است.

در حال حاضر اکثر افراد فعال در این زمینه هم انتخاب چند سطحی را پذیرفته اند و هم برای نمونه هایی از انتخاب گروهیِ نوین، به خصوص در انسانها، جایگاهی قائلند.
قسمت اعظم این تجدید حیات کار دو دانشمند بوده است. اولی دیوید اسلون ویلسون David Sloan Wilson از دانشگاه ایالتی نیویورک در Binghamton است که برای چندین دهه مصرانه به دنبال اثبات وجود انتخاب گروهیِ نوین بوده است (گرچه این انتخاب در نظر او حقیقتاً «نوین» نیست. او این انتخاب گروهی را دیرپا میپندارد که سرانجام موفق شده است توجه مجامع علمی را به سمت خود جلب کند)، که به طور کلی از مباحث روز کنار گذاشته شده بود.

این دانشمند با استفاده از پژوهشهای خود به استدلال در این مورد پرداخت. او از جامعه جوییِ ماهیها گرفته تا تکامل دین را بررسی کرده است. او رفته رفته افراد دیگری را متقاعد کرد که از همه مهم تر دومین دانشنمند یعنی ادوارد او ویلسون Edward O. Wilson از دانشگاه هاروارد است (خویشاوند نیستند).
ای. او. ویلسون احتمالاً مهمترین طبیعیدان نیمه دوم قرن بیستم است. او بنیانگذار پیوند زیست جامعه شناسی و چندین زمینه دیگر است و خدایی در زیست شناسی به حساب میآید.
ای. او. ویلسون تا مدتها ایده های دیوید اسلون ویلسون را نادیده میگرفت. و نهایتاً چندین سال قبل، ای. او. ویلسون هشتاد و اندی ساله کاری خارق العاده کرد. او قاطعانه اعلام کرد که در اشتباه بوده است. و سپس مقاله مهمی را با آن یکی ویلسون انتشار داد که عنوان آن «بازاندیشی پیرامون مبانی نظری زیست جامعه شناسی» بود.

به این ترتیب چیزی شبیه به تنش زدایی در بین حمایت کنندگان از اهمیت سطوح مختلف انتخاب [طبیعی] رخ داد. به نظر میرسد که صندلی سه پایه ما که بر انتخاب فردی، انتخاب خویشاوند محور، و نوعدوستیِ متقابل استوار بود با داشتن چهارمین پایه باثبات تر باشد. بنابراین همانطور که می بینید فرگشت مبتنی بر سه مرحله است: (الف) صفات زیستی خاصی از طریق ژنتیک به ارث برده می‌شوند؛ (ب) جهش‌ها و ترکیب مجدد ژن منجر به تغییر آن صفات می‌شوند؛ (ج) برخی از آن گونه‌ها «سازگاری» بیشتری از بقیه دارند.

ژنوتیپ و فنوتیپ و سازگار بودن و نبودن فنوتیپ آنها در طبیعت بسته به محیط زیستشان مولد انتخابهای فردی ، خویشاوندی ، نوع دوستی متقابل و گروهی نوین میگردد.
درانتخاب فردی
انتقال کپی‌های زیادی از ژن‌های یک گونه به مستقیم‌ترین شکل خود از طریق تولید مثل رخ می‌دهد.

برای درک مفهوم بنیادی انتخاب خویشاوندی، به این موضوع فکر کنید که خویشاوند یک نفر بودن و انتقال کپی‌های ژن‌های «خود» به چه معناست. فرض کنید یک دوقلوی همسان، با ژنوم مشابه دارید. حقیقت تکان‌دهنده و انکارناپذیر ماجرا، از لحاظ ژن‌هایی که به نسل بعد انتقال می‌یابند اینجاست؛ تفاوتی نخواهد داشت که شما خود تولید مثل کنید یا خود را قربانی کنید تا دوقلوی شما تولید مثل کند در مورد یک برادر یا خواهر کامل که دوقلوی شما نیست چطور ؟ شما ۵۰ از ژن‌های خود را با وی شریک هستید.(
یا به عبارت دقیق‌تر، برای هر ژنی که انتقال می‌یابد ۵۰ درصد شانس وجود دارد که با ژن‌های شما برابر باشد. این پدیده با عنوان «تناسب تجمعی» نیز شناخته می‌شود، زیرا تمرکز مبتنی بر ژن نه تنها بصورت مستقیم منجر به موفقیت می‌شود (تناسب داروینی)، بلکه با موفقیت خویشاوندان دیگر، با توجه به میزان خویشاوندی آنها، منجر به موفقیت غیر مستقیم نیز می‌شود. بنابراین، یک بار تولید مثل، یا قربانی شدن برای اینکه وی بتواند دو بار تولید مثل کند، از لحاظ فرگشت برابر هستند.

یااینکه در اجتماعات حشرات عده ای برای یک ملکه خود را فنا میکنند و عقیم هستند مربوط به نحوه متفاوت تولید مثل و هاپلو دیپلویید بودن آنهاست که منجر به وابستگیهای ژنتیکی و انتخاب خویشاوندی میشود تفاوت‌های موجود در وابستگی در گونه‌های هاپلودیپلوئید منجر به ایجاد تفاوت‌هایی در رفتار انتخاب خویشاوندی آنها در مقایسه با گونه‌های دیپلوئید می‌شود. بر اساس انتخاب خویشاوندی، از ماده‌های اجتماعی انتظار می‌رود که ترجیح دهند به مادرشان در بزرگ کردن خواهرهایشان کمک کنند، و تناسب غیر مستقیم خود را افزایش دهند، تا اینکه با بزرگ کردن نوزادان خود بر افزایش تناسب مستقیم خودشان تمرکز کنند. این توضیح نشان می‌دهد که چرا دسته‌های عقیم در حشرات اجتماعی وجود دارند؛ این کارگران ممکن است از مزایای مستقیم احتمالی مرتبط با بزرگ کردن بچه‌های خود صرفنظر کنند، زیرا مزایای غیر مستقیم بسیار سودمند هستند. هاپلودیپلوئیدهای ماده از کمک به بزرگ کردن خواهران خود که ¾ به آنها وابسته هستند بهره می‌برند. از طرف دیگر، این ماده‌ها تنها ¼ به برادران خود وابسته هستند. بنابراین، آنها ترجیح می‌دهند که مادرهایشان دختر داشته باشند. از آنجا که مادر بصورت مساوی ½ به پسران و دختران وابسته است، معمولا هیچ ترجیحی برای داشتن فرزند دختر نشان نمی‌دهد، که منجر به شکل‌گیری تضاد منافع میان مادر و دخترهایش می‌شود. که همچنان مورد بررسی دانشمندان است

علیرغم آنچه احتمالاً از گزینش خویشاوندی انتظار دارید، حیواناتی که با هم خویشاوند نیستند، دائماً با هم مشارکت دارند. ماهی ها به صورت گروهی مهاجرت می کنند؛ پرندگان در قالب گروه پرواز می کنند؛ meerkata ها خود را به خطر می اندازند و برای کمک کردن به دیگر هم نوعان خود، خود را به خطر می اندازند؛ خفاش های خونخوار که در گروه های جمعی زندگی می کنند، به نوزادان یکدیگر غذا می دهند. بسته به نوع گونه ها، پستاندارانی که با هم مرتبط نیستند یکدیگر را تیمار می کنند، در برابر مهاجمان متحد می شوند و گوشت را به اشتراک می گذارند.

چرا افرادی که با هم نسبتی ندارند با هم مشارکت می کنند؟ چراکه از دشواری های زندگی کاسته می شود. اگر ماهی ها با گروهی از ماهی ها شنا کنند، احتمال خورده شدن آنها کمتر می شود (رقابت برای یافتن امن ترین محل –یعنی مرکز– باعث به وجود آمدن آن چیزی می شود که همیلتون آن را هندسه گروه خودخواه می نامد). اگر پرندگان با ساختار V مانند پرواز کنند، با دریافت جریان هوای رو به بالای پرنده جلویی، انرژی خود را ذخیره می کنند (این سؤال مطرح می شود که چه کسی باید در مخمصه گرفتار شود؟). اگر شامپانزه ها از یکدیگر تیمار کنند، موجودات انگلی کمتری وجود دارد.

موجوداتی که با هم مرتبط نیستند، وارد فرآیند فداکاری متقابل می شوند؛ یعنی با تحمل هزینه تناسب و با انتظار فداکاری متقابل، میان گروه هایی که ارتباطی ندارند، تناسب را افزایش می دهند.
برای فرگشت حس فداکاری متقابل، به آگاهی نیاز نیست؛ در اینجا باید به مثال بال هواپیما در تونل باد رجوع کنیم. ولی برای اینکه فداکاری متقابل به وجود بیاید، به برخی چیزها نیاز داریم. ظاهراً، گونه هایی که این حس در آنها به وجود می آید، باید موجوداتی اجتماعی باشند. علاوه بر این، تعاملات اجتماعی باید آنقدر مداوم باشند، که فداکار و فردی که از فداکار سود می برد، دوباره به یکدیگر برخورد کنند. از سوی دیگر، افراد باید بتوانند یکدیگر را بشناسند.

گونه های تک جفت(تک همسر) در برابر گونه های چندهمسر

فرض کنید که شما دو گونه نخستی کشف کرده اید. با وجود این که سال ها به مشاهده آنها پرداخته اید، همه چیزی که می دانید این است: در گونه A نرها و ماده ها اندازه بدن، رنگ آمیزی و ساختار عضلانی یکسانی دارند. در گونه B نرها کمی بزرگتر و عضلانی تر از ماده ها هستند و رنگ آمیزی تند و آشکاری در ناحیه صورت خود دارند (به اصطلاح: در گونه B میزان دو شکلی جنسی بالاست).
حالا ما می دانیم که همین دو واقعیت به ما امکان می دهد که یکسری چیزها درباره این گونه ها را به درستی پیش بینی کنیم.
اول از همه، نزاع های شدید و پرخاشگرانه برای کسب جایگاه بالاتر در نظام سلسله مراتبی، بیش از همه در بین نرهای کدام گونه ها روی می دهد؟ گونه B ،که در آن نرها طوری فرگشت یافته اند که بتوانند به خوبی مبارزه کنند یا علائم نزاع را به نمایش بگذارند. برخلاف آنها نرهای گونه A غیرتهاجمی ترند به همین دلیل در طول روند فرگشت عضلانی نشده اند.

نر و ماده ماندریل

نر و ماده تامارین

درمورد تغییرات موفقیت تولید مثلی نرها چه طور؟ در یک گونه ۵ درصد از نرها تقریبا کل جفت گیری ها را به خود اختصاص می دهند. در دیگری همه نرها چند بار تولید مثل می کنند. اولی مربوط به گونه B است به همین دلیل است که این همه رقابت در بین نرهای این گونه وجود دارد و دومین توصیف مربوط به گونه A است.
در یک گونه در صورتی که یک نر با یک ماده جفت گیری کند و فرد ماده باردار شود، حیوان نر کارهای زیادی برای مراقبت از فرزندان انجام خواهد داد. بر خلاف آن، هیچ گونه «مراقبت والدینی » در گونه دیگر مشاهده نمی شود. خیلی لازم نیست فکر کنیم تا بفهمیم توصیف اول مربوط به گونه A است. نرهای اندک گروه B که پدر بیشتر بچه ها هستند مطمئنا کار زیادی برای مراقبت از فرزندان انجام نمی دهند.
در یک گونه احتمال دو قلو زایی بالاست و در دیگری نه. خیلی ساده، دو قلوزایی در گونه A دیده می شود که هر دو والد از کودکان مراقبت می کنند.
نرها در مورد ماده هایی که با آنها جفت گیری می کنند تا چه اندازه سخت گیر هستند؟ در گونه B نرها، در هر جا و در هر زمان و با هر ماده ای جفت گیری می کنند. این کار فقط به اندازه چند اسپرم برای آنها هزینه در بر دارد. در عوض نرهای گونه A با پایبندی به قانون « تو اون رو باردار می کنی، تو هستی که باید از فرزندانت مراقبت کنی» انتخابی تر عمل می کنند. با توجه به این موارد کدام گونه تک همسر است؟ معلوم است که گونه A.
در کدام گونه نرها بیضه بزرگتر و تعداد اسپرم بیشتری دارند؟ گونه B، کسی که همیشه آماده جفت گیری است باید مجال آن را هم داشته باشد.
ماده ها از یک جفت بالقوه چه می خواهند؟ ماده های گونه B به غیر از ژن ها هیچ چیز دیگری از نرها دریافت نمی کنند بنابراین باید ماده های خوبی باشند. این به ما کمک می کند توضیح دهیم که چرا خصوصیات پر زرق و برق ثانویه جنسی در نرها به این ترتیب است؛

« اگر من بتوانم ازعهده این کار بر بیام و این همه انرژی را صرف ماهیچه ها و رنگ های براق کنم، به احتمال زیاد باید شرایط عالی داشته باشم و یک مشت ژن خوب داشته باشم که تو می توانی آنها را از طریق من به فرزندانت هم منتقل کنی». برخلاف آن، ماده ای گونه A به دنبال رفتارهای باثبات و مهربانانه و مهارت های والدینی خوب در مردان هستند. این پدیده در پرنده هایی که این الگو را نشان می دهند نیز مشاهده می شود. در این پرنده ها نرها در طول معاشقه مهارت های والدینی خود را به طور سمبولیک به نمایش می گذارند و ماده ها را با کرم تغذیه می کنند تا نشان دهند که به خوبی از پس جمع آوری کرم ها بر می آیند.

Marmoset

Owl Monkey

در همین ارتباط در بین گونه های A و B پرنده، در کدام گروه بیشتر احتمال دارد که ماده ها زادگان خود را ترک کنند و از طریق جفت گیری با نرهای دیگر، کپی های بیشتری از ژن هایشان را منتشر کنند؟ گونه A. جایی که شواهدی از «زن قحبگی» را می توان دید؛ چرا که نرها پایبندند و از بچه ها مراقبت می کنند.

در این خصوص در گونه A ماده ها به شدت با هم رقابت می کنند تا با یک نر دلخواه (یعنی یک نر والد) جفت گیری کنند. برخلاف آنها ماده های گونه B نیازی به رقابت ندارند چرا که همه آنها می توانند از حیوان نر اسپرم دریافت کنند.

تمام این توضیحات یک دو حالتی بین دو نظام اجتماعی است که در آنها A یک گونه تک جفتی و B گونه ای است که حرمسرا تشکیل می دهد.

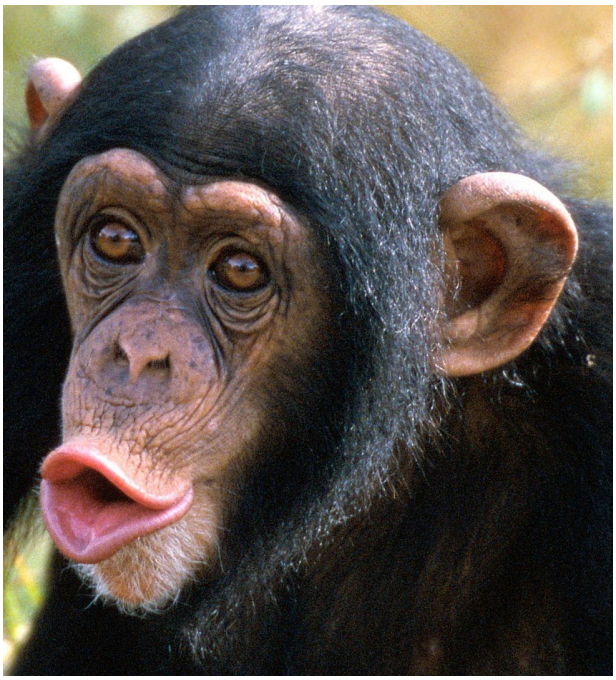
Gibbon

نخستی هایی که پیوند تک جفتی تشکیل می دهند شامل میمون های آمریکای جنوبی هستند همچون مارموست ها (بوزینه های کوچک آمریکایی)، تامارین ها و میمون های جغدی و میمون هایی همچون گیبون ها (نمونه های غیرنخستی شامل قوها، شغالها، سگ های آبی و البته موش های صحرایی).

گونه هایی که حرمسرا تشکیل می دهند و چندهمسری اند شامل بابون ها، ماندریل ها، میمون های رزوس، میمون وروت و شامپانزه ها (و نمونه های غیرنخستی شامل غزال ها، شیرها، طاووس ها و فک های فیلی) است

Rhesus Monkey

Baboon



Chimp

Vervet

همه گونه ها کاملا با این الگو قرین نیستند (تغییراتی در بین گونه ها مشاهده می شود). با این حال نکته منطق درونی است که براساس قوانین فرگشت، هر یک از این دو نوع گونه را توصیف می کند.

شاید متن زیر بتواند کمکی باشد.

در برخی از گونه ها، جنین در مدت برقراریِ نزاعهای مادر/ جنین هم پیمانی دارد و آن پدرش است. گونه ای را فرض کنید که نرها در آن مهاجر هستند. آنها با ماده ها جفت گیری کرده و سپس کوچ میکنند و دیگر هرگز دیده نمیشوند. عقیده جنس نر راجع به نزاع مادر/ جنین چیست؟ او اطمینان دارد که جنین، یعنی فرزندش، تا حد ممکن مواد غذایی را به دست میآورد، حتی اگر این مسئله به کاستن از پتانسیل تولید مثلی مادر ختم شود – برای او اهمیتی ندارد، این جنین از آن پس دیگر کودک او نخواهد بود. او به دنبال چیزهایی بیشتر از حمایت کردن از جنینش است.

این قضیه ما را در توضیح ویژگیِ مرموز و عجیب ژنتیک یاری میدهد. یک ژن، صرف نظر از اینکه از کدام والد به ارث رسیده است، معمولاً به همین شیوه عمل میکند. اما ژنهایی نادر به نام «ژنهای نشانگذاری شده» وجود دارند که به طریقی متفاوت عمل میکنند، یا

بر اساس آنکه از کدام والد منشا گرفته اند فعال میشوند. هدف این ژنها در سنتز خلاقانه ای که زیست شناس تکاملی، دیوید هایگ از دانشگاه هاروارد، آنرا ترتیب داده بود کشف شد. گرایش ژنهای نشان گذاری شده پدری بیشتر به سوی رشد جنین است، در حالیکه گرایش ژنهای نشان گذاری شده مادری بر خلاف این است. برای مثال، برخی از ژنهای پدری نسخه های نیرومندی از عوامل رشد را کد میکنند، در حالیکه ژنهای مادری به کد کردن دسته ای از گیرنده های عوامل رشد میپردازند که نسبتاً [در قبال سوبستراهایشان] بیتفاوت هستند. با بیان شدن ژن پدری در مغز نوزادان آنها تبدیل به شیرخوارهایی میشوند که از شیر گرفتنشان دشوار خواهد بود، در حالیکه ژن مادری عکس این قضیه عمل میکند. این رقابتی بین دو قدرت است، و پدر به طور ژنتیکی فرزندش را به هزینه نابودیِ برنامه های تولید مثلی آتیِ مادر به رشد بیشتر تشویق میکند. و این در حالی است که مادر به طور ژنتیکی با سعی در پیاده سازی استراتژیِ تولید مثلی متعادلتر بر عکس پدر عمل میکند.

در گونه های چند همسری، که نرها برای موفقیت تولید مثلی آتیِ ماده ها سرمایه گذاری حداقلی میکنند، ژنهای نشانگذاری شده فراوانی وجود دارد در حالی که ژنهای نشانگذاری شده در گونه های تک همسر فراوان نیستند.

درجه دوشکلی جنسی از نظر وزن بدن، فیزیولوژی ، رنگ	پایین	بالا
هدف ماده ا از انتخاب نرها	مهارت های والدینی	ژن های خوب
نرخ زن قحبگی	بالا	پایین

	تک همسری (تک همسرجفتی)	چندهمسری
رفتار والدینی نر	زیاد	اندک
انتخابی بودن رفتار جفت یابی	بالا	پایین
تغییر پذیری در موفقیت تولید مثلی مردان	پایین	بالا
اندازه بیضه ها/تعداد اسپرم ها	کم/کوچک	زیاد/بزرگ
سطح نزاع های نر-نر	پایین	بالا

قبل از ورود به مجموعه چند قسمتی تستوسترون مقدمه ای کوتاه در رابطه با رفتار که بسیار پیچیده میباشد ارائه میکنم.
ماهیچه های مختلفی حرکت می کنند تا یک رفتار بروز پیدا کند. ما راهبرد مناسبمان را داریم. رفتاری انجام شده است– رفتاری که قابل ملامت یا عجیب یا چیزی مبهم فی مابین آنهاست. در لحظه قبلی چه اتفاقی افتاد که باعث انجام این رفتار شد؟طرح این سؤال ما را در قلمرو نوروبیولوژی قرار می دهد؛ برای پاسخ به این سؤال باید مغزی را بشناسیم که به ماهیچه ها فرمان می دهد. این امر به حوزه دستگاه عصبی مربوط میشود.
در لحظات قبل چه اتفاقی افتاد که باعث شد دستگاه عصبی آن رفتار را نشان دهد؟ جهان محرکهای حسّی که بخش اعظم آن ناآگاهانه احساس میشود.
در ساعات و روزهای قبلی چه اتفاقی افتاد که حساسیت دستگاه عصبی را نسبت به چنین محرکهایی تغییر داد؟ فعالیتهای شدید هورمونها. و مواردی از این قبیل، کلیه اتفاقات به فشارهای فرگشتی مربوط میشود که در طی میلیونها سال قبل اتفاق افتادند و این مسیر را هموار کردند.

مغز مسیر مشترک و نهایی است، مغز شاهراهی است که مسیر اصلی تمام تأثیرات بعیدی است که باید یک به یک آنها را موشکافانه بررسی کرد
یک ساعت، یک دهه، یک میلیون سال قبل چه اتفاقی افتاده است؟ آنچه اتفاق افتاد تولید شدن عواملی بود که بر مغز و رفتار تأثیر می گذارند.

پرخاش، خشونت، ملاطفت، همدردی، یکدلی، رقابت، همکاری، نوعدوستی، حسادت (غبطه)، لذت از رنج دیگران، کینه، بخشش، آشتی، انتقام، تقابل و عشق. که ما را در باتلاق تعاریف میاندازد. (تعریف آنها دشوار است.)
علت این دشواری چیست؟ یکی از دلایل آن این است که درباره بسیاری از این اصطلاحات بر سر تناسب یا انحراف معانیشان اختلاف عقیده وجود دارد. کلمات قدرتمند هستند و ارزشهایی بر این تعاریف بار میشود که اغلب وابسته به حالات ویژه هستند

شاید لمس کردن دست یک انسان رنجور از نظر عاطفی کار خوبی باشد. شاید کشیدن ماشه و به قتل رساندن یک بیگناه کار نادرستی باشد. شاید کشیدن ماشه و آتش گشودن برای حفظ انسان های دیگر کار خوبی باشد. شاید لمس کردن دست دیگری و شروع یک سری کارهای شهوانی خیانت به یک عزیز باشد. و .....
رفتارهای انسان تنها در شرایط خاص خود قابل تعریف هستند.

با این مقدمه که لازم بود ولی کافی نبود بپردازیم به تستوسترون مظنون اشتباهی.

تستوسترون: مظنون اشتباهی

قسمت اول

بیضه‌ها در گام آخر در محور «هیپوتالاموس–هیپوفیز–بیضه» تستوسترون ترشح می‌کنند؛ روی سلول‌ها در سراسر بدن (البته، از جمله نورون‌ها) تأثیر می‌گذارند. وقتی بحث علل هورمونی پرخاشگری مطرح می‌شود، تستوسترون مظنون معمول همگی است.

همبستگی و علّیت

چرا، در کل سلسلهٔ حیوانات و در تمام فرهنگ‌های انسانی، نرها بیشترین پرخاشگری و خشونت را به خود اختصاص داده‌اند؟ خب، تستوسترون و هورمون‌های مربوط به آن چطور (جمعاً «آندروژن‌ها» نامیده می‌شود، اصطلاحی که، به منظور ساده‌سازی، مترادف «تستوسترون» در نظر خواهم گرفت، مگر آنکه چیز دیگری بیان کنم)؟

در تقریباً همهٔ گونه‌ها، نرها تستوسترون آزاد بیشتری از ماده‌ها دارند. ماده‌ها مقادیر اندکی از اندروژن‌ها را از غدد آدرنال ترشح می‌کنند. علاوه بر این، وقتی تستوسترون در حداکثر میزانش است (در نوجوانان و در طول فصل جفت‌گیری در بارورکنندگان فصلی)، پرخاشگری نرها شایع‌ترست.

بنابراین، تستوسترون و پرخاشگری بهم مربوطند.
علاوه بر این، گیرنده‌های تستوسترون در آمیگدال و در ایستگاه ارتباطی آمیگدال به بقیه مغز یعنی The Bed Nucleus Of The Stria Terminalis یا BNST و در اهداف اصلی‌اش (هیپوتالاموس، مادهٔ خاکستری مرکزی مغز میانی، و قشر پیشانی) بسیار فراوان است.
اما این موارد صرفاً داده‌های همبستگی هستند. اینکه نشان بدهیم تستوسترون سبب پرخاشگری می‌شود نیازمند نوعی آزمایش «تفریق» به‌اضافهٔ «جایگزینی» است.
تفریق: یک نر را اخته کنید. آیا میزان پرخاشگری کاهش می‌یابد؟ بله (از جمله در انسان). این مسئله نشان می‌دهد چیزی که از بیضه‌ها

می‌آید.
سبب پرخاشگری می‌شود. آیا تستوسترون است؟ جایگزینی: به فرد اخته‌شده تستوسترون جایگزین بدهید. آیا اکنون میزان پرخاشگری که پیش از اخته‌سازی وجود داشت بازمی‌گردد؟ بله (از جمله در انسان).

بنابراین، تستوسترون باعث پرخاشگری می‌شود.
حال، می‌بینیم این نکته تا چه حد اشتباه است.

اولین نشانهٔ عارضه بعد از اخته شدن زمانی اتفاق می‌افتد که میزان متوسط پرخاشگری در همهٔ گونه‌ها کاهش می‌یابد. اما نکتهٔ مهم آن است که به صفر نمی‌رسد. خب، شاید اخته‌سازی کامل نبود و مقدار اندکی از بیضه‌ها را فراموش کردید. یا شاید مقدار کافی از آندروژن‌های آدرنال جزئی برای حفظ پرخاشگری ترشح می‌شود. اما نه، حتی وقتی تستوسترون و آندروژن‌ها کامل حذف شوند، نوعی پرخاشگری باقی می‌ماند.
بنابراین، نوعی پرخاشگری در نرها مستقل از تستوسترون است.

این موضوع از طریق اخته‌سازی برخی از مجرمان جنسی، که روال قانونی در چند ایالت است، پیگیری می‌شود. این روند از طریق «اخته‌سازی شیمیایی» انجام می‌شود؛ یعنی، تجویز داروهایی که یا تولید تستوسترون را محدود می‌کنند یا گیرنده‌های تستوسترون را مسدود می‌کنند. اخته‌سازی میل جنسی را در تعدادی از مجرمان، که میل شدید، وسواسی و آسیب‌شناختی دارند، کاهش می‌دهد. اما، در غیر این صورت، اخته‌سازی میزان عود را کاهش نمی‌دهد، همانطور که در یک فراتحلیل آمده است: «متجاوزان متخاصم و کسانی که، از طریق قدرت یا خشم، مرتکب جنایات جنسی می‌شوند به درمان با [داروهای آنتی آندروژنیک] پاسخ نمی‌دهند».

این مسئله یک نکتهٔ بسیار آموزنده را مطرح می‌کند: هر چه یک مرد قبل از اخته شدن تجربهٔ پرخاشگری بیشتری داشته باشد، پرخاشگری بیشتری ادامه خواهد داشت. به بیان دیگر، پرخاشگری وی در آینده کمتر نیازمند تستوسترون است و بیشتر تابع یادگیری اجتماعی‌ست.

موضوع بعدی که تقدّم تستوسترون را کاهش می‌دهد: رابطهٔ میزان‌های فردی تستوسترون با پرخاشگری چیست؟ اگر یک نفر سطح تستوسترون بالاتری از دیگری، یا سطح بالاتری از هفتهٔ گذشته داشته باشد، آیا احتمال دارد که پرخاشگرتر باشد؟
در ابتدا، پاسخ به نظر می‌رسید بله باشد زیرا مطالعات حاکی از همبستگی میان تفاوت‌های فردی میزان تستوسترون و میزان پرخاشگری بودند. در یک مطالعهٔ معمولی، میزان بالای تستوسترون در زندانیان مردی که پرخاشگری بالاتر دارند مشاهده می‌شود. اما پرخاشگری ترشح تستوسترون را تحریک می‌کند؛ تعجبی ندارد که افراد پرخاشگرتر میزان بالاتری داشتند. چنین مطالعاتی نمی‌تواند علت و معلول را از هم تمییز دهد.
بنابراین، سوال بهتر آن است که آیا اختلاف سطح تستوسترون در میان افراد می‌تواند پیش‌بینی کند که چه کسی پرخاشگر خواهد بود. در میان پرندگان، ماهی‌ها، پستانداران، و به‌خصوص سایر پریمات‌ها، پاسخ عموماً خیر است.
دربارهٔ این مسئله در انسان مطالعهٔ گسترده‌ای شده، و به انواع معیارهای پرخاشگری پرداخته شده است. پاسخ روشن است. به نقل از متخصص بریتانیایی غدد درون‌ریز جان آرچر در یک بررسی قطعی آمده است: «ارتباط ضعیف و ناسازگاری میان سطح تستوسترون و پرخاشگری در بزرگسالان [انسان] وجود دارد و ... تجویز تستوسترون به داوطلبان معمولاً پرخاشگری شان را افزایش نمی دهد .
مغز به نوسانات سطح تستوسترون در محدوده طبیعی توجه نمیکند وقتی وارد مقیاس فوق فیزیولو ژی» می‌شویم، یعنی بیشتر از میزان عادی که بدن تولید می‌کند، اوضاع فرق دارد. این مسئله مربوط به ورزشکاران و بدنسازانی است که سوء مصرف دوز بالای استروئیدهای آنابولیک شبه‌تستوسترون دارند و، در این وضعیت، خطر پرخاشگری‌شان افزایش می‌یابد.

دو مفهوم باید مطرح شود: این مسئله تصادفی نیست که چه کسی این داروها را انتخاب کند، و افرادی که سوء مصرف دارند اغلب از قبل مستعد پرخاشگری بوده‌اند؛

سطح فوق‌فیزیولوژی آندروژن‌ها موجب اضطراب و پارانویا می‌شود، و افزایش پرخاشگری ممکن است پس از آن اتفاق بیفتد.)
بنابراین، پرخاشگری معمولاً بیشتر به یادگیری اجتماعی مربوط است، تا به تستوسترون، و تفاوت سطح تستوسترون عموماً نمی‌تواند توضیح دهد چرا برخی از افراد پرخاشگرتر از دیگرانند.

بنابراین تستوسترون اصلاً با رفتار چه می‌کند؟

تستوسترون: مظنون اشتباهی
قسمت دوم

ظرافت‌های تأثیرات تستوسترون

وقتی به چهره‌هایی که احساسات شدید دارند می‌نگریم، معمولاً حالت ریزی در چهرهٔمان بوجود می‌آوریم که از چهرهٔ آنها تقلید می‌کند؛ تستوسترون باعث کاهش تقلید هم‌احساسی می‌شود.

علاوه بر این، تستوسترون باعث می‌شود افراد کمتر بتوانند با نگریستن به چشمان بقیه احساساتشان را تشخیص دهند، و چهرهٔ غریبه‌ها آمیگدال را بیشتر از چهرهٔ افراد آشنا فعال می‌کند و قابلیت اعتماد به آنها در درجهٔ پایین‌تری قرار می‌گیرد.

تستوسترون همچنین باعث افزایش اعتماد به نفس و خوش‌بینی می‌شود، در حالی که ترس و اضطراب را کاهش می‌دهد.
این مسئله اثر «برنده» در حیوانات آزمایشگاهی را توضیح می‌دهد، که در آن پیروزی در مبارزه سبب افزایش تمایل حیوان به دوباره شرکت کردن و احتمال موفقیت بیشترش می‌شود. بخشی از افزایش موفقیت احتمالاً به این دلیل است که بردن ، باعث تحریک ترشح تستوسترون می‌شود، که رسانیدن و متابولیسم گلوکز در عضلات حیوان را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود فرومون‌هایش بدبوتر شوند. علاوه بر این، برنده‌شدن تعداد گیرنده‌های تستوسترون در هستهٔ بستر استریا ترمینالیس را افزایش می‌دهد (این هسته راه ارتباطی آمیگدال با بقیهٔ مغز است) و حساسیتش به هورمون نیز افزایش می‌یابد.

موفقیت در همه‌چیز از جمله ورزش تا شطرنج تا بازار سهام باعث افزایش سطح تستوسترون می‌شود.

کتاب‌های خودآموز بی‌شماری از ما می‌خواهند دقیقاً این گونه باشیم. اما تستوسترون باعث می‌شود افراد بیش از حد مطمئن و بیش از حد خوش‌بین باشند که عواقب بدی در پی دارد. در یک مطالعه، آزمودنی‌ها به صورت دوتا دوتا می‌توانستند قبل از تصمیم‌گیری فردی دربارهٔ یک وظیفه با یکدیگرمشورت کنند. تستوسترون باعث شد آزمودنی‌ها به احتمال بیشتری فکر کنند که نظراتشان درست است و مشورت کردن با شریک را نادیده بگیرند. تستوسترون موجب می‌شود افراد مغرور، خودمحور و خودپسند شوند.

تستوسترون موجب تکانش‌گری و ریسک‌پذیری می‌شود و باعث می‌شود افراد کار ساده‌تر را، وقتی کار احمقانه‌ای است، انجام دهند. تستوسترون این کار را، از طریق کاهش فعالیت قشر پیش‌پیشانی و اتصال عملکردی‌اش با آمیگدال و افزایش اتصال آمیگدال با تالاموس، انجام می‌دهد.

تالاموس منبع مسیر میان‌بر اطلاعات حسی به آمیگدال است. بنابراین، ورودی‌های سریع و کم‌دقت نفوذ بیشتری دارند و قشر پیشانی، که می‌گوید «بس کن و ابتدا به آن فکر کن»، نقش کمتری دارد.

بی‌تردید، نترس بودن، اعتماد به نفس و خوش‌بینی بیش از حد حس خوبی دارد. در این صورت، تعجب نکنید که تستوسترون می‌تواند لذت‌بخش باشد.
به موش‌های صحرایی (با فشاردادن اهرم‌ها) تستوسترون تزریق می‌شد و «ترجیح مکانی شرطی» را نشان دادند، و به یک گوشهٔ تصادفی قفس که در آن تزریق انجام می‌شد بازمی‌گشتند. «نمی‌دانم چرا، اما هر وقت آنجا می‌ایستم احساس خوبی دارم.»

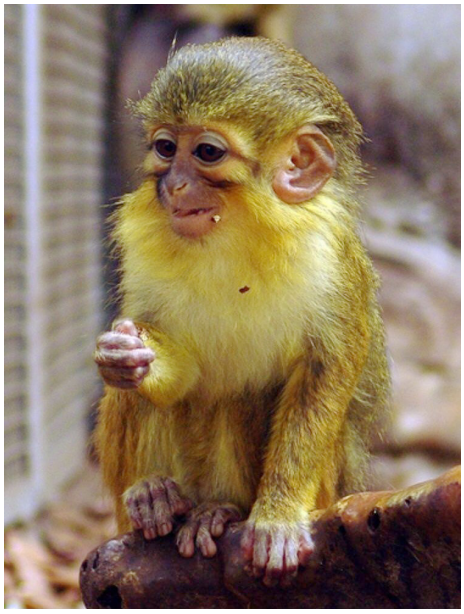
نوروبیولوژی پایه‌ای کاملاً متناسب موضوع حاضر است. دوپامین برای مشروط‌سازی ترجیح مکانی لازم است، و تستوسترون فعالیت تگمنتوم شکمی را افزایش می‌دهد. تگمنتوم شکمی منبع مسیر دوپامینی مزولیمبیک و مزوکورتیکال است.

علاوه بر این، ترجیح مکانی شرطی وقتی ایجاد می‌شود که تستوسترون مستقیماً به داخل نوکلئوس اکومبنس، هدف اصلی اتصالات تگمنتوم شکمی، تزریق شود. وقتی موش صحرایی برنده می‌شود، تعداد گیرنده‌های تستوسترون در تگمنتوم شکمی، و حساسیت به تأثیرات حس خوب هورمون‌ها افزایش می‌یابد.

بنابراین، تستوسترون کارهای ظریفی در خصوص رفتار می‌کند. با این حال، اطلاعات زیادی به ما نمی‌دهد زیرا همه‌چیز را می‌توان از تمام جهات تفسیر کرد.

تستوسترون اضطراب را افزایش می‌دهد. در این صورت، احساس تهدید شدن می‌کنید و واکنش‌پذیری پرخاشگرانهٔ بیشتری خواهید داشت.
تستوسترون اضطراب را کاهش می‌دهد.
در این صورت، احساس می‌کنید غرور و اعتماد به نفس بیش از حدی دارید، بازدارندگی پرخاشگرانهٔ بیشتری خواهید داشت.
تستوسترون ریسک‌پذیری را افزایش می‌دهد.
در این صورت، «هی، بیا قمار کنیم و پیشنهاد خطرناک بدهیم».
تستوسترون ریسک‌پذیری را کاهش می‌دهد. در این صورت، «هی، بیا قمار کنیم و پیشنهاد منطقی بدهیم.»
تستوسترون باعث می‌شود احساس خوبی داشته باشید. مثلاً، «بیا دوباره مبارزه کنیم چون قبلی خوب پیش رفت»،
تستوسترون باعث می‌شود احساس بدی داشته باشید. مثلاً، «بیا همگی بس کنیم».

این مفهوم مفهومی یکپارچه‌ساز و بسیار مهم است که تأثیرات تستوسترون بسیار وابسته به زمینه است.



تأثیرات احتمالی تستوسترون

وابستگی به زمینه بدان معناست که تستوسترون، به‌جای اینکه مستقیماً موجب X شود، موجب چیز دیگری می‌شود که آن چیز باعث X می‌شود.
یک نمونهٔ قدیمی در واقع تحقیق سال ۱۹۷۷ روی گروه‌هایی از میمون‌های Talapoin نر است.

تستوسترون به نر میان‌رده در تمامی گروه (مثلاً، ردهٔ ۳ از ۵) تزریق شد و میزان پرخاشگری‌شان افزایش یافت. آیا این مسئله بدان معناست که این میمون‌ها، که تستوسترون دریافت کرده‌اند، شماره‌های ۱ و ۲ در سلسله‌مراتب را به چالش کشیدند؟ خیر. به خطاکارهای پرخاشگری تبدیل شدند و می‌خواستند شماره‌های ٤ و ۵ را خوار کنند. تستوسترون الگوهای جدید اجتماعی پرخاشگری را ایجاد نکرد، بلکه موارد ازقبل‌موجود را تشدید کرد.
در مطالعات انسانی، تستوسترون فعالیت ابتدایی در آمیگدال را افزایش نداد، بلکه پاسخ آمیگدال و واکنش‌پذیری ضربان قلب هنگام نگاه به چهره‌های عصبانی (اما نه به چهره‌های خوشحال یا خنثی) راافزایش داد. به همین ترتیب، تستوسترون باعث نشد آزمودنی‌ها در یک بازی اقتصادی خودشیفته‌تر شوند؛ باعث شد وقتی با آنها بد رفتار می‌شد، تنبیهی‌تر عمل کنند، که «پرخاشگری واکنشی انتقام‌جویانه» را افزایش داد.
وابستگی به زمینه در سطح نوروبیولوژیکی نیز وجود دارد، که، در آن، هورمون‌ها دورهٔ مقاومت نورون در آمیگدال و اهداف آمیگدال در هیپوتالاموس را کوتاه کردند. دوره مقاومت نورون پس از پتانسیل عمل ایجاد می‌شود. در این زمان، پتانسیل استراحت نورون هیپرپلاریزه می‌شود (یعنی، وقتی بار منفی بیشتر از حد معمول دارد)، و تحریک‌پذیری نورون را کمتر می‌کند، و یک دورهٔ خاموشی پس از پتانسیل عمل را بوجود می‌آورد. بنابراین، دوره‌های مقاومت کوتاه‌تر به معنای میزان بالاتر پتانسیل عمل است. لذا آیا تستوسترون در این نورون‌ها پتانسیل عمل ایجاد می‌کند؟ خیر. باعث می‌شود اگر با چیزی دیگری تحریک شوند، سریع‌تر آتش بگیرند. به همین ترتیب، تستوسترون پاسخ آمیگدال به چهره‌های خشمگین را افزایش می‌دهد اما نه به انواع دیگر. بنابراین، اگر آمیگدال از قبل به نوعی قلمرو یادگیری اجتماعی پاسخ می‌دهد، تستوسترون افزایش می‌یابد.

تستوسترون به نر میان‌رده در تمامی گروه (مثلاً، ردهٔ ۳ از ۵) تزریق شد و میزان پرخاشگری‌شان افزایش یافت. آیا این مسئله بدان معناست که این میمون‌ها، که تستوسترون دریافت کرده‌اند، شماره‌های ۱ و ۲ در سلسله‌مراتب را به چالش کشیدند؟ خیر. به خطاکارهای پرخاشگری تبدیل شدند و می‌خواستند شماره‌های ٤ و ۵ را خوار کنند. تستوسترون الگوهای جدید اجتماعی پرخاشگری را ایجاد نکرد، بلکه موارد ازقبل‌موجود را تشدید کرد.
در مطالعات انسانی، تستوسترون فعالیت ابتدایی در آمیگدال را افزایش نداد، بلکه پاسخ آمیگدال و واکنش‌پذیری ضربان قلب هنگام نگاه به چهره‌های عصبانی (اما نه به چهره‌های خوشحال یا خنثی) راافزایش داد. به همین ترتیب، تستوسترون باعث نشد آزمودنی‌ها در یک بازی اقتصادی خودشیفته‌تر شوند؛ باعث شد وقتی با آنها بد رفتار می‌شد، تنبیهی‌تر عمل کنند، که «پرخاشگری واکنشی انتقام‌جویانه» را افزایش داد.
وابستگی به زمینه در سطح نوروبیولوژیکی نیز وجود دارد، که، در آن، هورمون‌ها دورهٔ مقاومت نورون در آمیگدال و اهداف آمیگدال در هیپوتالاموس را کوتاه کردند. دوره مقاومت نورون پس از پتانسیل عمل ایجاد می‌شود. در این زمان، پتانسیل استراحت نورون هیپرپلاریزه می‌شود (یعنی، وقتی بار منفی بیشتر از حد معمول دارد)، و تحریک‌پذیری نورون را کمتر می‌کند، و یک دورهٔ خاموشی پس از پتانسیل عمل را بوجود می‌آورد. بنابراین، دوره‌های مقاومت کوتاه‌تر به معنای میزان بالاتر پتانسیل عمل است. لذا آیا تستوسترون در این نورون‌ها پتانسیل عمل ایجاد می‌کند؟ خیر. باعث می‌شود اگر با چیزی دیگری تحریک شوند، سریع‌تر آتش بگیرند. به همین ترتیب، تستوسترون

پاسخ آمیگدال به چهره‌های خشمگین را افزایش می‌دهد اما نه به انواع دیگر. بنابراین، اگر آمیگدال از قبل به نوعی قلمرو یادگیری اجتماعی پاسخ می‌دهد، تستوسترون افزایش می‌یابد.

ساخت کلیدی: فرضیهٔ چالش

بنابراین، اعمال تستوسترون مشروط و تقویت‌کننده هستند، و گرایش‌های ازقبل‌موجود را به‌سوی پرخاشگری تشدید می‌کنند، به‌جای اینکه از هیچ سبب پرخاشگری شوند. این تصویر الهام‌بخشِ «فرضیهٔ چالش» بود. این فرضیه مفهوم‌سازیِ بسیار یکپارچه‌سازی از اعمال تستوسترون است.

ایدهٔ در پس این مسئله آن است که میزان رو به افزایش تستوسترون باعث افزایش پرخاشگری فقط در زمان چالش می‌شود، که دقیقاً نحوهٔ کار را نشان می‌دهد.

این مسئله توضیح می‌دهد که چرا سطح پایهٔ تستوسترون به پرخاشگری پس از آن ربطی ندارد، و اینکه چرا افزایش تستوسترون به علت بلوغ، تحریک جنسی، یا شروع فصل جفت‌گیری نیز پرخاشگری را افزایش نمی‌دهد.

اما اوضاع طی چالش‌ها متفاوت است. در میان پریمات‌های مختلف، وقتی سلسله مراتب سلطه ابتدا تشکیل می‌شود یا دستخوش سازمان‌بندی مجدد قرار می‌گیرد، سطح تستوسترون افزایش می‌یابد. تستوسترون در انسان هم در رقابت‌های فردی و هم تیمی ورزشی، از جمله بسکتبال، کشتی، تنیس، راگبی و جودو افزایش می‌یابد؛ عموماً طی انتظار کشیدن رویداد، تستوسترون افزایش می‌یابد و پس از آن بیشتر افزایش می‌یابد (به‌ویژه در بین برندگان).

نکتهٔ قابل‌توجه آن است که هنگام تماشای پیروزی تیم مورد علاقهٔ‌تان سطح تستوسترون افزایش می‌یابد، که نشان می‌دهد افزایش تستوسترون ارتباط کمتری با فعالیت عضلانی، نسبت به روان‌شناسی سلطه، شناسایی، و عزت نفس، دارد.

مهم‌تر از همه آنکه، افزایش تستوسترون پس از یک چالش باعث افزایش احتمال پرخاشگری می‌شود. فکر کنید: سطح تستوسترون افزایش می‌یابد و به مغز می‌رسد. اگر دلیل این اتفاق آن باشد که کسی شما را به چالش می‌کشد، در جهت پرخاشگری قدم برمی‌دارید. اگر همان افزایش به این دلیل باشد که روزها طولانی‌تر می‌شوند و به فصل جفت‌گیری نزدیک می‌شوید، تصمیم می‌گیرید هزار مایل را به سوی زمین‌های جفت‌گیری پرواز کنید. اگر این اتفاق به دلیل بلوغ باشد، احمق می‌شوید و به دختری که در گروهِ موسیقی کلارینت می‌نوازد می‌خندید.

وابستگی به زمینه قابل‌توجه است.

فرضیهٔ چالش بخش دومی نیز دارد. وقتی تستوسترون پس از یک چالش افزایش می‌یابد، به‌سرعت سبب پرخاشگری نمی‌شود. در عوض، سریعاً هر گونه رفتاری را بوجود می‌آورد که برای حفظ وضعیت لازمند. این مسئله اوضاع را بسیار عوض می‌کند.

خب، شاید نه، از آنجا که حفظ کردن موقعیت برای، مثلاً، پریمات‌های نر عمدتاً شامل پرخاشگری یا تهدید کردن است، برای نمونه، به حریف ضربهٔ سریعی بزند تا بفهماند که «روحت هم خبر نداره با چه کسی درافتادی».

خلاصه و نتیجه گیری

• هورمون‌ها فوق العاده هستند؛ از نظر تنوع و دوام اثراتشان از انتقال دهنده‌های عصبی جلوتر هستند. و این شامل تأثیر بر روی رفتارهامی‌شود.

• تستوسترون خیلی کمتر از آنچه برخی می‌پندارند به پرخاشگری مربوط می‌شود. در گسترهٔ طبیعی، تفاوت‌های فردی در سطح تستوسترون مشخص نمی‌کند که چه کسی پرخاشگر خواهد بود. علاوه بر این، هر چقدر که یک ارگانیسم بیشتر پرخاشگر باشد، برای پرخاشگری‌های آتی تستوسترون کمتری مورد نیاز خواهد بود. زمانی که تستوسترون نقشی ایفا می‌کند، تسهیل کننده است – تستوسترون پرخاشگری «ایجاد» نمی‌کند. باعث می‌شود که به انگیزاننده‌های پرخاشگری بیشتر حساس باشیم، به خصوص در افرادی که بیشتر از بقیه به پرخاشگری تمایل دارند. همچنین سطح بالای تستوسترون فقط هنگامی که موقعیت فرد در خطر باشد پرخاشگری ایجاد می‌کنند. در آخر و بسیار مهم اینکه افزایش تستوسترون در هنگام چالش موقعیت فرد لزوماً پرخاشگری را افزایش نمی‌دهد؛ هر چیزی را که برای حفظ موقعیت لازم باشد افزایش می‌دهد. در دنیایی که موقعیت به عنوان پاداش برای رفتار خوب ما اعطاء می‌شود، تستوسترون اجتماعی‌ترین هورمون موجود خواهد بود.

فصل دوم
روابط اجتماعی

مغز شما برای کارکرد بهنجار به چه چیزی نیاز دارد؟ جدا از مواد مغذیِ غذاهایی که می‌خورید، جدا از اکسیژنی که تنفس می‌کنید، جدا از آبی که می‌نوشید، مغز به یک چیز دیگر نیاز دارد که به‌اندازه‌ی همین موارد مهم است: مغز به سایر انسان‌ها نیاز دارد. کارکرد بهنجار مغز به شبکه‌ی اجتماعیِ موجود در اطراف ما بستگی دارد. سلول‌های عصبیِ ما نیازمند سلول‌های عصبی دیگران هستند تا بتوانند رشد کنند و زنده بمانند

از زمان‌های بسیار دور، مردم پرواز پرندگان، حرکات ستارگان و خم شدن درختان را تماشا کرده‌اند، برای آن‌ها داستان ساخته‌اند، و این رخدادها را به نحوی تعبیر کرده‌اند که گویی دارای قصد و نیت هستند (به آن‌ها قصد و نیت اختصاص داده‌اند).
این نوع داستان‌گویی فقط یک عادت عجیبِ مربوط به انسان نیست، بلکه یک سرنخ مهم برای درک مدار بندی مغز است. این نوع داستان‌گویی نشان می‌دهد که مغز ما تا چه حد برای تعامل اجتماعی آماده و تجهیز شده است. نباید فراموش کنیم که بقای ما به ارزیابی سریع دوست و دشمن بستگی دارد. ما از طریق قضاوت در مورد نیات سایر افراد، در دنیای اجتماعی تعیین مسیر می‌کنیم. آیا او می‌خواهد به من کمک کند؟ آیا باید نگرانِ قصد و نیت او باشم؟ آیا آن‌ها خوبی من را می‌خواهند؟
مغز ما دائماً در حال قضاوت اجتماعی است. اما آیا این مهارت را در اثر تجربه‌ی زندگی کسب می‌کنیم یا با آن متولد می‌شویم؟

اغلب چنین فرض می‌شود که ارزیابیِ قابل‌اعتماد بودن، مهارتی است که ما آن را بر اساس تجربه در دنیا کسب می‌کنیم. اما آزمایش‌های ساده ای امروزه نشان می‌دهند که حتی در دوران نوزادی، دارای یک آنتن اجتماعی برای پیدا کردن مسیرمان در دنیا هستیم. مغز ما از بدو تولد، دارای غرایضی است که به‌وسیله‌ی آن‌ها می‌تواند تشخیص دهد چه کسانی قابل‌اعتماد هستند و چه کسانی نیستند.
آزمایشی در این زمینه:
نوزادان را یک‌به‌یک، به یک نمایش عروسکی دعوت میکنند.
این کودکان کمتر از یک سال سن دارند و تازه شروع به کشفِ دنیای اطراف خود نموده‌اند. همه‌ی آن‌ها تجربه‌ی کمی در زندگی دارند. نوزادان بر روی پای مادرشان قرار داده شدند تا به تماشای نمایش بپردازند. هنگامی‌که پرده کنار رفت، یک اردک روی صحنه بود که سعی می‌کرد جعبه‌ی حاوی اسباب‌بازی را باز کند. اردک درب جعبه را با دست می‌گیرد و سعی در باز کردن آن دارد، اما دستش می‌لغزد و نمی‌تواند آن را باز کند. دو خرس که لباس‌هایی با رنگِ متفاوت به تن دارند، مشغول تماشای این صحنه هستند.
پس از چند لحظه، یکی از خرس‌ها به اردک کمک می‌کند تا دستش به کنار جعبه برسد و درب آن را باز کند. آن‌ها به مدت کوتاهی یکدیگر را در آغوش می‌گیرند و سپس درب جعبه دوباره بسته می‌شود.
اکنون اردک دوباره سعی در باز کردن درب جعبه می‌کند. در این هنگام، خرسِ دیگر که مشغول تماشا است، وزن خود را روی درب جعبه می‌اندازد و مانع باز کردن آن توسط اردک می‌شود.
کل نمایش همین است. به‌طور خلاصه، طرح داستان بدون هیچ‌گونه دیالوگی است، یک خرس به اردک کمک می‌کند و خرس دیگر با او بدرفتاری می‌کند.
هنگامی‌که پرده‌ها پایین آمد، و مجدداً بالا رفت، آزمایشگر هر دو خرس را برداشت و به‌سوی کودکانِ در حال تماشا برد. خرس‌ها را جلوی کودک نگه داشت، به‌طوری‌که کودک باید یکی از آن‌ها را برای بازی کردن انتخاب می‌کرد. به‌طور جالبی، تقریباً تمامیِ نوزادان خرس مهربان را انتخاب کردند. این نوزادان نمی‌توانند حرف بزنند یا راه بروند، اما از پیش دارای ابزار لازم برای قضاوت در مورد دیگران هستند.
هنگامی که حق انتخاب داشته باشند، کودکان خرس مهربان تر را انتخاب می کنند.

با افزایش سن، چالش‌های اجتماعی ما پیچیده‌تر و ظریف‌تر می‌شوند. فراتر از واژه‌ها و اعمالِ دیگران، ما باید تغییر لحن، حالات صورت و زبان بدن را نیز تعبیر و تفسیر کنیم. درحالی‌که به‌صورت آگاهانه بر روی موضوع موردبحث (با فرد مقابل) تمرکز می‌کنیم، دستگاهِ مغز ما مشغول پردازش اطلاعات پیچیده است. این عملیات مغز آن‌چنان غریزی هستند که اصلاً به چشم نمی‌آیند.

در تک‌تک لحظات زندگی، مدار بندی مغز ما به تفسیر هیجان‌های دیگران بر اساس سرنخ‌های چهره‌ای بسیار ظریف می‌پردازد.

برای درک بهتر سرعت و خودکار بودن فرایند خواندن صورت (بررسیِ سرنخ‌های موجود در چهره)، گروهی از افراد به آزمایشگاه دعوت میشوند دو الکترود بر روی صورت آن‌ها قرارداده میشود تا تغییرات کوچک در حالات صورت آن را اندازه‌گیری نمایند. یکی از این الکترودها بر روی پیشانی، و دیگری بر روی گونه‌ی آزمودنی قرار میگیرد. سپس از آن‌ها در خواست میشود به تصاویری نگاه کنند که نشان‌دهنده‌ی چهره‌ی انسان بودند.
می توان با استفاده از الکترومایوگرام (EMG) حرکات ظریف عضلات صورت را اندازه گیری نمود.

هنگامی‌که شرکت‌کنندگان به این تصاویر نگاه می‌کردند (تصاویری که نشان‌دهنده‌ی خنده یا اخم یا .... بود)، محققین فعالیت الکتریکی کوتاه مدتی که نشان‌دهنده‌ی حرکات ماهیچه‌های صورت آن‌ها بود را اندازه‌گیری کردند. این حرکات اغلب مواقع بسیار ظریف بودند. این تغییر حالات نتیجه‌ی پدیده‌ای به نام «آینه‌سازی» است: شرکت‌کنندگان به‌صورت خودکار از ماهیچه‌های صورت خود، برای کپی کردن حالات صورتِ موجود در عکس استفاده می‌کردند. بدین ترتیب، یک خنده (موجود در عکس) با خنده (خنده‌ی آزمودنی) پاسخ داده می‌شد، حتی اگر حرکات ماهیچه‌های صورت آن‌ها آن‌قدر ظریف بود که به‌صورت عادی به چشم نیاید. این یعنی بدون اینکه افراد بخواهند چنین کاری را بکنند، از یکدیگر تقلید می‌کنند (به‌صورت خودکار).
پدیده‌ی آینه‌سازی یک حقیقت عجیب را مشخص می‌کند: زوج‌هایی که سال‌ها از ازدواجشان می‌گذرد، شبیه به هم می‌شوند و هرچقدر زمان بیشتری از ازدواجشان گذشته باشد، این شباهت بیشتر است. پژوهش نشان می‌دهد که این موضوع صرفاً به این خاطر نیست که زوج‌ها لباس یا مدل موی مشابهی را انتخاب می‌کنند، بلکه به این خاطر است که آن‌ها برای سال‌های زیاد به آینه‌سازی صورت‌های یکدیگر پرداخته‌اند و همین باعث شده است تا الگوی چروک خوردن صورتشان شبیه به هم شود.
چرا آینه‌سازی می‌کنیم؟ آیا این کار هدف‌دار است؟ برای پاسخ به این سؤال، محققین گروه دومی را به آزمایشگاه میبرنداین گروه تنها یک تفاوت با گروه اول داشت: این گروه از افراد در معرض کشنده‌ترین ماده‌ی سمیِ موجود در دنیا قرارگرفته بودند. اگر حتی چند قطره از این سمِ عصبی وارد بدن شما شود، مغز شما دیگر قادر نخواهد بود به ماهیچه‌های شما فرمان انقباض بدهد و شما در اثر فلج فوت خواهید کَرد (به‌طور خاص، دیافراگم شما دیگر قادر به حرکت نخواهد بود و درنتیجه خفه خواهید شد). با توجه به این حقایق، به نظر می‌رسد مردم تمایلی به پرداخت پول برای تزریق این سم به بدنشان نداشته باشند. اما در حقیقت مردم برای تزریق این سم به بدنشان پول پرداخت می‌کنند. این سم بوتولینوم است، سمی که تحت نامِ برند بوتاکس به فروش می‌رسد. هنگامی‌که این سم به عضلات صورت تزریق می‌شود، آن‌ها را فلج می‌کند و درنتیجه چین‌وچروک را کَاهش می‌دهد.
بااین‌حال، بوتاکس علاوه بر جوان نشان دادن پوست، یک اثر جانبی دیگر نیز دارد که کمتر شناخته‌شده است. همان تصاویری که به شرکت‌کنندگان قبلی نشان داده‌شده بود را به مصرف‌کنندگان بوتاکس نشان دادند. الکترومایوگرام انجام‌شده حاکی از آینه‌سازی کمترِ عضلات صورت بود. این چیز عجیبی نیست، زیرا این عضلات به‌صورت عمدی تضعیف‌شده‌اند (با استفاده از بوتاکس). نکته‌ی عجیب چیز دیگری بود،از شرکت‌کنندگان هر دو گروه درخواست میشود تا به تصاویر چهره‌های دارای هیجان نگاه کنند و یکی از چهار کلمه‌ی موجود برای توصیف هیجان آن چهره را انتخاب کنند.

محزون
تسکین یافته
هیجان زده
خجالتی

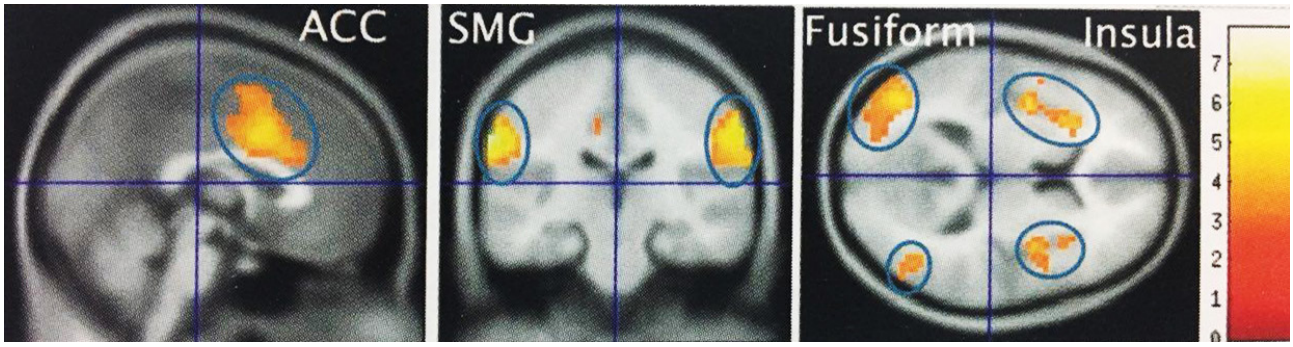
به‌طور متوسط، افرادی که از بوتاکس استفاده کرده بودند، نسبت به سایرین در شناسایی هیجان درستِ چهره‌ها ضعیف‌تر بودند. چرا؟ فرضیه‌ی عنوان می‌کند که کاهش آزادی حرکتِ عضلات صورت آن‌ها، باعث اختلال در خواندنِ حرکاتِ عضلاتِ صورت دیگران شده است. همه می‌دانیم استنباطِ هیجان از طریق نگاه کردن به‌صورت مصرف‌کنندگان بوتاکس دشوار است (دانستن احساس درونی آن‌ها از روی نگاه به‌صورت)؛ نکته‌ی عجیب این است که همان عضلاتِ تضعیف‌شده (در اثر بوتاکس)، می‌تواند باعث دشواری آن‌ها در خواندن

هیجان‌های دیگران شود.
می‌توان بدین شکل در مورد این نتایج فکر نمود: عضلات صورتِ من، نشان‌دهنده‌ی احساسات من هستند و تشکیلاتِ عصبی شما از این موضوع سوءاستفاده می‌کند. هنگامی‌که شما سعی در دانستن احساس من دارید، شما حالات صورت من را تقلید می‌کنید. شما به‌صورت عمدی چنین کاری را انجام نمی‌دهید، این اتفاق به‌صورت خودکار و ناهشیار رخ می‌دهد. بااین‌حال، آینه‌سازی خودکار حالات چهره‌ی من، به‌طور مداوم تخمینی از احساس درونی من به شما می‌دهد. این یک حقه‌ی قدرتمند برای مغز شما است که از طریق آن می‌تواند درک بهتری از من داشته و نسبت به اقداماتِ آینده‌ی من پیش‌بینی‌های بهتری بکند. مشخص‌شده است که این حقه، تنها یکی از حقه‌های بسیاری است که مغز به کار می‌برد.
در آزمایشی از مردان خواسته شد که به عکسهایی از چهره های زنان نگاه کنند و در مورد آن‌ها قضاوت کنند. در مقیاس یک تا ده، چقدر جذاب بودند؟ شادبودند یا ناراحت؟ بدجنس یا مهربان؟ دوستانه یا غیردوستانه؟ بدون اطلاع شرکت کنندگان، عکسها دست‌کاری شده بود. در نیمی از عکسها، مردمک چشم زنان به‌صورت مصنوعی گشاد شده بود.
هر مردی یک نسخه‌یا نسخه‌ی دیگر را دید.
مردان، زنان دارای مردمک گشاد را جذابتر یافتند. هیچیک از مردان به‌طور واضح در مورد اندازه مردمک زنان چیزی متوجه نشدند–و احتمالاً هیچ یک از مردان نمیدانستند که مردمک چشم گشاد یک علامت بیولوژیک از برانگیختگی زنان است. ولی مغزشان آن را میدانست؛ و مردان به‌طور ناخودآگاه به‌سوی زنان دارای مردمک گشاد کشیده میشدند و آن‌ها را زیباتر، شادتر، مهربانتر و دوستانه تر میبافتند.
شما خودتان را بیشتر مجذوب برخی افراد نسبت به دیگران میبابید و معمولاً امکان ندارد که روی چرایی آن انگشت بگذارید. احتمالاً یک چرایی وجود دارد؛ شما فقط به آن دسترسی ندارید.

ما به سینما می‌رویم تا وارد دنیای عشق، دل‌شکستگی، ماجراجویی و ترس شویم. اما قهرمانان و شخصیت‌های شرورِ فیلم‌ها تنها بازیگرانی هستند که روی یک صفحه‌ی دوبعدی به نمایش درمی‌آیند. پس چرا اتفاقاتی که برای این شبح‌های شناور بر روی صفحه‌ی نمایش می‌افتد برای مهم است؟ چرا فیلم‌ها باعث گریه، خنده، و بریده شدن نفس ما می‌شوند.

برای درک اینکه چرا اتفاقات فیلم برای شما مهم است (و بر شما تأثیر می‌گذارد)، بیایید با اتفاقاتی شروع کنیم که هنگام درد برای مغز شما رخ می‌دهد. فرض کنید یک نفر با یک سوزن سرنگ دست شما را سوراخ می‌کند. پردازش این درد تنها در یک مکان از مغز شما انجام نمی‌شود. در عوض، چندین ناحیه‌ی مختلف مغز هنگام درد فعال می‌شوند و به‌صورت هماهنگ باهم کار می‌کنند. این شبکه به‌صورت ماتریس درد خلاصه‌شده است.

نکته‌ی شگفت‌انگیز این است که ماتریس درد دارای نقشی مهم در نحوه‌ی ارتباط ما با دیگران است.اگر ما چاقو خوردن یک فرد را



تماشا کنیم، بخش اعظم ماتریس درد شما فعال می‌شود. در چنین شرایطی، آن نواحی که به شما می‌گویند توسط چاقو لمس شده‌اید فعال نمی‌شوند، بلکه آن نواحی که در تجربه‌ی هیجانیِ درد نقش دارند فعال می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر، تماشای درد دیگران، و تجربه درد توسط خود ما، هر دو از یک سازوکار عصبی مشترک استفاده می‌کنند. این پایه و اساس همدلی است.

ماتریس درد نامی است که به مجموعه ای از نواحی مغز داده شده است. این نواحی زمانی که شما متحمل درد شوید فعال می شوند. هنگامی که درد فرد دیگری را تماشا کنید نیز اکثر نواحیِ این ماتریس فعال می شوند.

همدلی با یک انسان دیگر، به معنای حقیقی حس کردن درد آن‌ها است. در واقع شما بودن در شرایط فرد مقابل را شبیه‌سازی می‌کنید. وجود این ظرفیت در مغز ما، دلیل جذابیت و فراگیر بودن داستان‌ها (مانند فیلم‌ها و رمان‌ها) در فرهنگ‌های مختلفِ انسانی است. فرقی نمی‌کند که این داستان‌ها در مورد افراد کاملاً غریبه، یا شخصیت‌های ساختگی باشد، درهرصورت شما غم و شادی آن‌ها را تجربه می‌کنید. شما به شکل انعطاف‌پذیری تبدیل به آن‌ها (شخصیت‌های داستان) می‌شوید، زندگیِ آن‌ها را زندگی می‌کنید و از دیدگاه آن‌ها به تجربه‌ی وقایع می‌پردازید. هنگامی‌که شما رنج کشیدن یک انسان دیگر را مشاهده می‌کنید، می‌توانید به خود بگویید این دردِ آن‌ها است و به شما ربطی ندارد، اما سلول‌های عصبیِ نهفته در عمق مغز شما این تفاوت را درک نمی‌کنند.

این سازوکار درونی برای حس کردن دردِ انسان‌های دیگر، بخشی از چیزی است که به ما امکان قرار دادن خود در جایگاه دیگران را می‌دهد (اینکه از دیدِ آن‌ها به دنیا بنگریم). اما اصلاً چرا ما چنین سازوکاری را داریم؟ اگر از دیدگاه تکاملی به موضوع بنگریم، همدلی یک مهارت مفید به نظر می‌رسد: با فهمِ بهترِ احساس فرد مقابل، توانایی ما برای پیش‌بینی رفتار او افزایش می‌یابد.

بااین‌حال، دقتِ همدلی پایین است و در بسیار از موارد ما تنها خودمان (هیجان و احساس خودمان) را به دیگران فرافکنی می‌کنیم. مثال مطرح‌شده توسط سوزان اسمیت را در نظر بگیرید. وی یک مادر اهل کارولینای جنوبی بود که در سال ۱۹۹٤ همدلی یک ملت را برانگیخت. او به پلیس گزارش داد که یک دزد ماشین وی را دزدیده است، درحالی‌که فرزندانش هنوز در داخل ماشین بوده‌اند. او به مدت نه روز در تلویزیون ملی درخواست کرد تا فرزندانش آزاد، و به‌سوی او بازگردانده شوند. افرادِ غریبه در سراسر کشور پیشنهاد کمک و حمایت دادند. درنهایت، سوزان اسمیت اعتراف به قتل فرزندان خود کرد. همه داستان دزدی ماشین او را باور کرده بودند، زیرا رفتار واقعی او کاملاً خارج از دامنه‌ی پیش‌بینی‌های طبیعی بود. (هیچ‌کس پیش‌بینی نمی‌کرد او که فرزندانش را به قتل برساند). هنگامی‌که به‌صورت گذشته‌نگر به جزئیات پرونده‌ی او نگاه می‌شود، اتفاقات آن کاملاً واضح هستند، بااین‌وجود، دیدن این جزئیات (واقعیت موضوع) در آن زمان دشوار بوده است. دلیل این موضوع این است که ما معمولاً دیگران را بر اساس دیدگاهمان نسبت به

خودمان و توانایی‌هایی که داریم تعبیر و تفسیر می‌کنیم (در این مورد، ما به‌هیچ‌عنوان خودمان را قادر به انجام چنین کاری-یعنی قتل فرزندانمان- نمی‌بینیم).
ما به‌طور خودکار و اجتناب‌ناپذیر دیگران را شبیه‌سازی می‌کنیم، با آن‌ها ارتباط برقرار می‌کنیم و به آن‌ها اهمیت می‌دهیم. مغز ما طوری سیم‌کشی شده است تا ما موجوداتی اجتماعی باشیم. دلایلش را قبلاً ارائه کردم ما برای بقای خودمان نیازمند هشداربه دیگران بوده ایم و عطش اشتراک گذاری اطلاعات در ما بهمین دلیل نهادینه گشته است.
هنگامی‌که در مورد تکامل انسان فکر می‌کنیم، همگی با مفهوم بقای اصلح آشنا هستیم: بااین مفهوم، تصویر یک فرد قوی و حیله‌گر به ذهن ما می‌آید، کسی که می‌تواند در مبارزه، دویدن، و همسرگزینی از دیگر اعضای گونه‌ی خود سبقت بگیرد.
به‌عبارت‌دیگر، کسی که می‌خواهد رشد کند و زنده بماند، باید دارای قدرت رقابت بالایی باشد. این مدل دارای قدرت تبیین بالایی است، اما توضیح برخی جنبه‌های رفتاری به‌وسیله‌ی آن دشوار است.
نوع‌دوستی را در نظر بگیرید: بقای اصلح چگونه کمک کردن به دیگران را تبیین می‌کند؟ به نظر می‌رسد انتخاب اصلح نمی‌تواند این رفتار را توجیه کند.بنابراین، نظریه‌پردازان مفهوم «انتخاب خویشاوندی « را به نظریه‌ی بقای اصلح افزودند. این یعنی من نه‌تنها به خودم اهمیت می‌دهم، بلکه افرادی که دارای خویشاوندی ژنتیکی با من هستند (مثلاً برادر یا پسرعمو) نیز برای من اهمیت دارند. من مشتاقانه داخل رودخانه میپرم تا برادر یا پسر عمویم را نجات دهم
بااین‌حال، حتی مفهوم انتخاب خویشاوندی هم نمی‌تواند به‌طور کامل تمامی جنبه‌های رفتار انسان را تبیین کند، زیرا انسان فارغ از خویشاوندی در کنار هم جمع می‌شوند و یا یکدیگر همکاری می‌کنند.
این مشاهدات ما را به‌سوی ایده‌ی «انتخاب گروهی» سوق می‌دهد. این مفهوم بدین معنی است: اگر یک گروه تماماً متشکل از افرادی باشد که با یکدیگر همکاری می‌کنند، بودن در گروه برای تمامی اعضا سود دارد.به‌طور متوسط، شما نسبت به انسان‌هایی که با همسایگان خود همکاری زیادی ندارند، بهتر غذا می‌خورید. در کنار هم، اعضای یک گروه می‌تواند برای زنده ماندن به یکدیگر کمک کنند. آن‌ها سریع‌تر هستند، تولیدمثل بیشتری دارند، و دارای توانایی بیشتری برای فائق آمدن بر چالش‌های هستند. این سائق که ما را به‌سوی پیوند با دیگران هدایت می‌کند Eusociality (در زبان یونانی eu به معنای «خوب» است) نام دارد و توجیه‌کننده‌ی این موضوع است که افراد فارغ از خویشاوندی اقدام به تشکیل قبیله، گروه و ملت می‌کنند. این به معنای عدم وجود انتخاب فردی (بقای فرد اصلح) نیست، اما انتخاب فردی تصویر کاملی را به ما نشان نمی‌دهد و بسیاری از رفتارها را تبیین نمی‌کند. اگرچه انسان‌ها در اکثر مواقع خودخواه و رقابتی هستند، آن‌ها همچنین بخشی از زندگی‌شان را به نفع و سودِ گروه اختصاص می‌دهند. این موضوع امکان گسترش جمعیت‌های انسانی در سراسر دنیا و تشکیل جوامع و تمدن‌ها را برای انسان فراهم نموده است، دستاوردهایی که یک انسان، هرچقدر هم اصلح باشد، نمی‌تواند به‌تنهایی به دست آورد. پیشرفت واقعی تنها با انسجامی که منجر به اتحاد و تشکیل گروه می‌شود به دست می‌آید و هوخانمانی (ترجمه واژه Eusociality) ما یکی از دلایل اصلیِ غنی و پیچیدگیِ دنیای مدرن امروزی ما است.
بنابراین تمایل و سائق ما برای زندگی گروهی در کنار هم دارای فایده‌ی تکاملی و افزایش شانس بقای ما است. بااین‌وجود، این سائق دارای یک جنبه‌ی تیره نیز هست. به ازای هر عضو گروهِ خودی، باید حداقل یک گروه غیرخودی وجود داشته باشد.
هوخانمان» را به جای «Eusocial» در زبان پارسی پیشنهاد می‌کنند.این کلمه را سوزان باترا در سال ۱۹۶۶م از ترکیب پیشوند یونانی (او-) به معنای خوب با ریشه‌ی soci- در لاتین ساخت؛ که اولی همان پیشوند (هو-) در زبانهای ایرانی است و بخش دوم آن «همشهری، هم‌قبیله‌ای» معنی می‌دهد. خانمان/ مان کمابیش همتای آن در زبانهای ایرانی باستانی و نو است و چون به ماهیت یکجانشینانه‌ی زندگی اجتماعی اشاره دارد برای این منظور مناسبتر می‌نماید.)
درک گروه‌های خودی و غیرخودی برای فهم تاریخچه‌ی ما انسان‌ها ضروری است.
در بین هزاران نفر از مردمی که تنها شباهت شان این است که به یک قبیله تعلق دارند (طرفداران یک تیم ورزشی، همسایگان یا افرادی که یک تاریخچه مشترک دارند) خشنودی و درد به طور همزمان وجود دارد و تنها قبیله است که آنها را کنار هم نگه می دارد. اما چیزهای دیگری هم هست: خشنودی از رنج سایر قبیله ها. برزیل سال روز شکست آرژانتین را جشن می گیرد و آرژانتین سالروز شکست برزیل را. طرفدار رئال مادرید از گل خوردن بارسلونا خشنود می شود. وقتی در طرفداری از تیم ورزشی محبوب مان شادی می کنیم از سر دادن فریادهای شادن فرویده (به آلمانی Schadenfreude) ابایی نداریم؛ در حقیقت از این که افرادی که با ما فرق دارند رنج می کشند، خشنودیم.

منشا این پدیده ها چیست؟ این پدیده ریشه های تکاملی اجدادی دارد . در بخش هایی از تاریخ تکامل انسان دفاع کردن از چیزی که متعلق به قبیله بود یک ارزش انتخابی داشت و برای فرد مزایایی به دنبال داشت در نتیجه این پدیده ای بود که از سوی انتخاب طبیعی اقتباس شد. شادن فرویده یکی از جنبه های اصلی مغز ما است.

در تمامی نقاط دنیا، بارها و بارها، گروه‌های مختلف به شکل خشونت‌آمیزی با دیگر گروه‌ها درگیر می‌شوند، حتی به آن‌هایی که بی‌دفاع هستند و تهدید مستقیمی به‌حساب نمی‌آیند نیز حمله می‌شود.

چه چیزی باعث می‌شود تا یک واکنش هیجانیِ تقلیل یافته، تبدیل به آسیب رساندن به دیگران شود؟ چه چیزی سبب نسل کشی میگردد؟ قشر پیش پیشانی میانی مغز(m-PFC) در زمان‌هایی که با دیگران تعامل داریم یا به آن‌ها فکر می‌کنیم فعال می‌شود(اما وقتی با اشیاء بی‌جان مانند فنجان قهوه سر و کار داریم فعال نیست).
وقتی به یک بی‌خانمان نگاه می‌کنید منطقه m-PFC فعالیت کمتری دارد. گویی این فرد بی‌خانمان یک شیء است.(فردیکه از گروه شما خارج است و غیر خودی تلقی گردد سبب کاهش فعالیت در این منطقه میگردد)

با خاموش‌شدن سیستم‌هایی که باعث می‌شوند یک فرد بی‌خانمان را یک همنوع ببینیم، لزوماً نمی‌توانیم فشارهای ناراحت‌کننده بی‌پولی را احساس کنیم. به بیان دیگر، این بی‌خانمان غیر انسان شده است: مغز او را بیشتر شیء می‌بیند تا انسان. جای تعجب نیست که با ملاحظه کمتری با این افراد برخورد می‌شود. «اگر شما به درستی افراد را به عنوان انسان شناسایی نکنید، آنگاه قوانین اخلاقی کاربردی ندارند».
غیرانسان تلقی کردن یکی از مؤلفه‌های اصلی نسل‌کشی است.

فصل سوم
تصمیم و آزادی اراده

لحظه ای که من تصمیم میگیرم دستم را بالا ببرم چه اتفاقی در مغز میفتد که این تصمیم استارت میخورد(یعنی بین تصمیم من و فعال شدن مغزم در ناحیه ای خاص چه ارتباطی وجود دارد؟)

وقتی تصمیم میگیرید کاری انجام دهید هرگز زمان صفری وجود ندارد زیرا هر نورون در مغز به‌وسیله‌ی نورونهای دیگر رانده و تحریک میشود؛ به نظر میرسد که هیچ بخشی از سیستم وجود ندارد که به‌طور مستقل عمل کند بلکه به‌صورت وابسته عکس العمل نشان میدهد. تصمیم شما برای چرخیدن به سمت راست یا چپ، تصمیمی است که در زمان به گذشته میرسد: ثانیه ها، دقایق، روزها و یک عمر. حتی وقتی‌که تصمیمها به نظر فی البداهه میرسند، در انزوا وجود ندارند.

شما به یک تصمیم سرنوشت ساز میرسید درجایی که میتوانید به سمت چپ یا راست بچرخید. هیچ تعهدی برای چرخیدن به یک سمت یا دیگری ندارید ولی امروز، در این لحظه، شما احساس میکنید که میخواهید به سمت راست بچرخید؛ بنابراین به سمت راست میچرخید ولی چرا به سمت راست چرخیدید نه سمت چپ؟ چون دلتان خواست؟ یا چون مکانیسمهای غیرقابل دسترسی در مغز شما برای شما این تصمیم را گرفتند؟ این را در نظر بگیرید: علامتهای عصبی که دست شما را حرکت میدهند تا فرمان را بچرخانید از قشر حرکتی شما میآیند ولی آن علامتها ازآنجا منشأ نمیگیرند. آن‌ها توسط سایر نواحی لوب پیشانی تحریک میشوند که به‌نوبه‌ی خود توسط قسمتهای بسیار دیگری از مغز و تقریباً در یک ارتباط پیچیده که با تمام شبکه مغزی خطوط متقاطع دارد، تحریک میشوند.

پس وقتی‌که به سمت راست میپیچید در آن لحظه حساس تصمیم گیری تاریخچه عمرتان را با خود حمل می کنید.شما خصوصاً در تصمیم گیریهای احساسی همان تصمیماتی که میگه هرچی قلبت میگه همون کار را انجام بده یا یه حسی بهم میگه این کارو نکنم قطعاً تابع امضای فیزیولوژیکی بدنتان هستید نامش عقلانی نیست ولی الگویی منطبق با تصمیمات عقلانی دارد

جاییکه المانهای محدودی وجود دارد با قسمت آگاه مغز(که بسیار محدود است) تصمیم میگیرید فقط به کمی وقت نیاز دارید تا بهترین انتخاب را بکنید ولی وقتی این المانها گسترده و وسیع میشوند باید به ندای درونیتان که از بخش ناخودآگاه به خودآگاهتان آمده گوش کنید آنها هم (ناخودآگاهتان که بسیار گسترده است)زیر مجموعه آگاهی شما هستند هیچ جادو و جمبل و چیزی ماورایی وجود ندارد گریه، تعریق، لرزش، افزایش ضربان قلب یا ترشح آدرنالین تنها واکنش‌هایی نیستند که بدن برای انتقال یک احساس انجام دهد. بلکه، مغز این متغیرهای بدنی را خوانده و شناسایی می‌کند تا آنها را رمزگذاری و احساسات و عواطف را تولید کند.

این حالات جسمانی که می‌توانند روی فرآیند تصمیم‌گیری‌مان موثر باشد اثبات فیزیولوژیکی و علمی پدیده‌ایند که ما آن را پنداریا همان امضای فیزیولوژیکی در لحظه تصور می‌کنیم(همان متغیری که در جبر حس گوناگونی انتخاب یا اختیار را ایجاد میکند همان چیزی که اگر تاریخ را صد مرتبه به عقب برگردانیم، همیشه همان کار را نخواهیم کرد)

و اما در رابطه با آزادی اراده شما حق رای ندارید ولی حق عدم رای دارید (آیا تصمیم هوشیارانه برای مکث کردن در یک عمل نیز از یک بذر ناخودآگاه نشأت می‌گیرد؟ این هنوز یک معماست.)چیزی که دانشمندان علوم اعصاب را با آنکه با آزمایشات مختلف و بسیار برایشان مسجل شده که اختیاری وجود ندارد را برای صدورحکم قطعی راجع به این موضوع باز میدارد.

اگر ما اختیار نداشته باشیم و مغزمان جبری عمل کند پس باید اعمال و رفتارمان قابل پیش بینی باشد و زندگی قابل پیش بینی و از پیش تعیین شده خیلی مسخره بنظر میرسد اما چرا اینگونه نیست؟ چرا با اینکه جبر درکار است چیزی قابل پیش بینی نیست؟

مخزنی را تصور کنید که ردیفی از توپهای پینگ پنگ در کف آن قرار دارد. هر توپ، با ظرافت خاصی روی یک تله موش با فنر فشرده و آماده جهش قرار گرفته است. اگر بخواهید یک توپ پینگ پنگ دیگر را از بالا رها کنید، به سادگی میتوان محل فرود توپ را از نظر ریاضی پیش بینی کرد. اما به محض اینکه این توپ به کف مخزن برخورد میکند، یک زنجیره واکنشی غیرقابل پیش بینی ایجاد میشود. برخورد هر توپ با کف مخزن، سایر توپها را به جهش از روی تله موش وامیدارد و فرود این توپها نیز توپهای بعدی را تحریک میکند و این وضعیت به سرعت و به شکلی پیچیده گسترش میابد. هر گونه خطا در پیش بینی اولیه، هرچند کوچک، با توجه به برخورد توپها و پرش از دیواره ها و فرود بر توپهای دیگر چندین برابر میشود و خیلی زود، هر نوع پیش بینی در مورد محل قرارگیری توپها کاملا غیرممکن خواهد شد.

مغز ما مانند یک مخزن از توپهای پینگ پونگ ولی به‌شدت پیچیده تر است. شما ممکن است بتوانید چند صد توپ پینگ پونگ را در یک مخزن جا بدهید ولی جمجمه شما تریلیونها برابر تعاملات بیشتر نسبت به مخزن دارد و در همه ثانیه های عمر شما باقدرت ادامه میدهد؛ و از آن تبادلهای بیشمار انرژی، افکار، احساسات و تصمیمات شما پدیدار میشود و این تنها آغاز غیرقابل‌پیش‌بینی بودن است.

هر مغز یگانه در جهانی از سایر مغزها تعبیه‌شده است. در سراسر فضای یک میز شام یا در طول یک سالن سخنرانی، یا برد اینترنت، همه ی نورونهای انسانی بر روی این سیاره بر روی یکدیگر اثر میگذارند و یک سیستم از پیچیدگی غیرقابل‌تصور را خلق میکنند. این به این معنی است که باوجودی که نورونها از قوانین سرراست فیزیکی پیروی میکنند ولی در عمل همواره پیش‌بینی اینکه دقیقاً هر فرد بعداً چه خواهد کرد، غیرممکن است.

این نوع از آزمایشها یک چیز اساسی در مورد چگونگی عملکرد مغز را آشکار میکند. ظاهراً کار این ارگان این است که در مورد جهان اطلاعات جمعآوری کند و رفتار شما را هدایت کند. اهمیتی ندارد اگر آگاهی هوشیارانه شما دخیل هست یا نیست و در بیشتر اوقات هم دخیل نیست. بیشتر اوقات شما از تصمیمهایی که از طرف شما گرفته میشوند آگاه نیستید.
پس چه اتفاقی در حال رخ دادن است؟ چه کسی همه این‌ها را کنترل می‌کند؟ گمان می‌رود که مغز بیشتر از اینکه شبیه یک اتومبیل کار کند شبیه ترافیک عمل می‌کند. هیچ کس آن را کنترل نمی‌کند!

فصل چهارم

آگاهی

جستجو برای (یافتن) اولین موجودات آگاه، خاستگاه‌های نامحتمل در ذهن منحصربه‌فرد ما را آشکار می‌کند.
باب هولمز

شما می دانید که آگاه هستید. خوشبختانه، زمانی من را باور می‌کنید که بگویم من هم آگاه هستم. اما آیا سگ و گربه‌ی خانگی شما هم هوشیار و آگاه هستند؟ یک کلاغ ابزارساز چطور؟ یا یک هشت پای پیشگو یا یک کرم؟ شاید فکر کنید روشن کردن این موضوع ناممکن است. هیچ الگوی متمایزی از فعالیت مغز که آگاهی را نشان دهد، وجود نداشته و ما قادر به پرسیدن سؤال از حیوانات در مورد تجارب آن‌ها نیستیم. ما حتی درست نمی‌دانیم که آگاهی چیست.

اما شاید راهی برای درک آن باشد. چه می‌شود اگر ما هوشیاری را به سمت منشأ آن مورد تعقیب قرار دهیم. در این صورت، به‌جای این پرسش که آگاهی چه چیزی است، می‌پرسیم که چرا تکامل یافته است- به‌عبارتی‌دیگر، برای چه وجود دارد؟ به این پرسش تا همین زمان‌های اخیر توجه نمی‌شد. اما اکنون زیست‌شناسان در حال آغاز بررسی درخت زندگی هستند تا مشخص شود کی، کجا و چگونه چیزی مشابه با آگاهی پدیدار می‌گردد. ثمربخش بودن پژوهش آن‌ها به طرز شگفت‌آوری در حال اثبات است. این کار نه‌تنها (چگونگی عملکرد) مغز حیوانات را روشن می‌سازد بلکه بینش‌های جدیدی را در مورد ماهیت ذاتی آگاهی فراهم می‌آورد.

این نگرش همراه با دشواری‌های خاص خود است. طبق گفته‌ی آنیل ست، عصب پژوه دانشگاه ساسکس بریتانیا، «آگاهی هیچ‌گونه اثر فسیلی از خود به‌جای نمی‌گذارد.» بنابراین ما باید با مقایسه‌ی حیوانات زنده امروزی با این مسئله که اجداد مشترک آن‌ها چه‌کارهایی می‌توانستند انجام دهند، تاریخچه‌ی تکامل آن را به دست آوریم. و ازآنجاکه دقیقاً نمی‌دانیم باید به دنبال چه باشیم، لازم است راهمان را تنها با (اتکا به) تجربه‌مان از آگاهی به‌عنوان یک راهنما حول درخت تکامل (تبارزایی) یکی کنیم. در این صورت، با مشاهده این‌که آگاهی و هوشیاری در دیگر حیوانات چگونه بیان می‌شود یا ممکن است بیان شود، می‌توانیم به‌تدریج از اینکه در چه مورد صحبت می‌کنیم، پرده برداریم.

برخی علائم آشکار هستند. شامپانزه‌ها قادر به تشخیص خود در آینه هستند. جی اسکراب ها اگر متوجه شوند که پرنده‌ای دیگر آن‌ها را برای اولین بار در حال مخفی ساختن غذا دیده است، مخفیانه باز گشته و غذا را برمی‌دارند، مگر آن‌که پرنده‌ی شاهد جفت آن‌ها باشد. موش‌های صحرایی که با فشردن اهرم اشتباه در رسیدن به غذای جایزه ناکام می‌مانند، با پشیمانی به اهرمی که باید آن را می‌فشردند، خیره می‌شوند. در این موارد قادر به استنتاج نوعی از خودآگاهی، آگاهی از دیگران و آنچه ممکن است وجود داشته باشد، هستیم که این (امر) به آن چیزی که ما در خودمان به‌عنوان آگاهی شناخته‌ایم، بسیار شبیه است. با این وجود، اگر این تنها معیار موجود باشد، تعداد بسیار کمی از جانداران غیر انسان قادر به رفع موانع خواهند بود.

«آگاهی همراه با موانع است و می‌تواند کمتر از آن چیزی که ما فکر می‌کنیم، چاره‌ساز باشد»

دلیلی برای احتساب یک محک وسیع‌تر وجود دارد: هر تجربه آگاهانه چندان هم پیچیده نیست، حتی برای ما. خسه پرینز، اندیشمند مرکز تحصیلات تکمیلی دانشگاه شهری نیویورک می‌گوید: «اگر از خودتان بپرسید که از چه چیزی آگاهید... رنگ‌ها را خواهید دید، بوی قهوه را استشمام می‌کنید، آلام و دردهای خود را حس می‌کنید. به نظر می‌رسد آگاهی تا حد زیادی مرتبط با درک و احساس است و به فکر انسان یا دیگر ظرفیت‌های بالاتر آن ارتباطی ندارد.» این مؤلفه‌های بنیادین تجربه آگاهانه می‌توانند حتی در جاندارانی که فاقد پیچیدگی‌ها و قابلیت‌های ذهنی ما هستند، شایع باشد. بیاید کمی عمیق‌تر درخت زندگی را بررسی کنیم تا مشخص شود می‌توانیم مؤلفه‌های مذکور را پیدا کنیم یا نه.

احساسات یا «ارزیابی لذت‌گرایانه» (به‌منظور استفاده از یک عبارت با بار انسان‌محوری کمتر) را در نظر بگیرید. همان‌طور که پرینز اشاره می‌کند، بیشتر تجربه آگاهانه ما متشکل از ادراکات با سایه‌هایی از احساس (اشیائی که آرامش‌دهنده یا ترسناک هستند، صداهایی که جذاب یا آزاردهنده هستند، بدن ما احساس خوب یا بدی دارد) است و این ارزیابی‌ها نقش مهمی بر هدایت رفتار ما دارد.

زیست‌شناس تکاملی انستیتو بهداشت عمومی اسلو نروژ، بیورن گریند، بیان می‌دارد: «رفتار به حرکت به سمت آنچه سودآور است و دوری کردن از آنچه منفعتی ندارد، اطلاق می‌گردد. احساسات برای هدایت ما از طریق ارائه پاداش‌های مثبت و منفی به وجود آمده‌اند.» این امر ارزیابی لذت‌گرایانه را به یک ابزار تکاملی سودمند تبدیل می‌کند.

گریند اعتقاد دارد که این حس (آگاهی از این‌که چیزی خوب یا بد در حال رخ دادن برای من است) ممکن است نماینده‌ای از فروپاشی آگاهی باشد. بااین‌حال کدام‌یک از جانداران دارای آن هستند؟ او با تحقیق در مورد شجره‌نامه مهره‌داران، به الگوی روشنی رسید:

پستانداران، پرندگان و خزندگان حین کنترل همگی علائمی از پاسخ احساسی را مثل افزایش ضربان قلب و دمای بدن از خود بروز دادند حال آن‌که این پاسخ‌ها در ماهیان و دوزیستان دیده نشد. همچنین مغز مهرداران (رده) بالاتر، از غنای بیشتری در گیرنده‌های دوپامین برخوردار است و پیام‌رسان عصبی آمیختگی تنگاتنگی با مسیرهای پاداش (جایزه) دارد. او بر این اعتقاد است که این مدرکی بر قابلیت تخصیص بها به یک تجربه ایجاد شده در ۳۰۰ میلیون سال پیش در اجداد مشترک خزندگان امروزی، پرندگان و پستانداران (اولین مهره‌داران کاملاً خشکی زی) است.

به نظر منطقی می‌رسد؛ جد مذکور می‌توانست با چالش‌هایی مثل تنظیم دما و ذخیره‌ی آب روبه‌رو شود که عموزاده‌های آبی‌اش با آن مواجه نشدند. جانداران ساده واکنش‌های منعطفی دارند و حتی یک کرم می‌تواند یک رفتار ثابت را از طریق آزمون و خطا بیاموزد، اما گونه‌ای با ارزیابی لذت‌گرایانه، قادر به بروز رفتاری به‌مراتب منعطف‌تر می‌باشد. در این محیط جدید، چنین انطباقی می‌توانسته یک مزیت بزرگ بوده باشد. با این وجود همان‌طور که گریند اشاره دارد، آگاهی دارای موانعی است. در مقایسه با پردازش ناآگاهانه، آهسته بوده، انرژی زیادی می‌برد و (جاندار) قادر به انجام یک کار در واحد زمان است. به‌علاوه، می‌تواند منجر به بروز رفتارهای بی‌ثبات و یا حتی مخرب برای شخص بروز دهنده‌ی آن گردد. برای مثال، هیچ‌گونه خودآزاری بدون فکر آگاهانه وجود ندارد. بنابراین تکامل آگاهی می‌تواند کمتر از چیزی که ما فکر می‌کردیم، سودمند باشد و همین باعث شد تا گریند فرض کند که تنها یک‌بار پدیدار شده است.

آیا ماهیان احساس دارند؟

پژوهشگران دیگر با این موضوع که مهره‌داران خشکی ویژگی خاصی دارند، موافق هستند اما بسیاری باور دارند که آگاهی در جایی دیگری از سرزمین جانوری پیدا شده است. آن‌ها بیان می‌دارند که با دور شدن ما از خودمان، تشخیص علائم احساسی دشوارتر می‌گردد. آیا ما قادر به تشخیص بیان احساسات در یک ماهی خواهیم بود؟ چه برسد به یک مگس میوه؟ در عوض، بسیاری از پژوهشگران بر روی شاخص دیگری هم‌نظر شدند: یک جاندار آگاه است اگر جهان را به شکل ذهنی تجربه کند. این امر عنصر متمایز «من، اینجا، اکنون» را از تجربه خود ما به دست می‌آورد. تجربه ذهنی مثل ارزیابی لذت‌گرایانه، انعطاف‌پذیری رفتاری را که از رفلکس‌های محض فراتر می‌روند، ممکن می‌سازد. اما لزوماً هیچ‌کدام از قابلیت‌های پیچیده‌تر ما را مثل احساس، استدلال یا تخیل درگیر نمی‌کند.

به نظر می‌رسد این شاخص اساسی محتمل برای آگاهی باشد، اما چطور می‌توان تجربه ذهنی یک جاندار را اندازه گرفت؟ برونو فان سوئیندرن فکر می‌کند که راه را یافته است. او عصب پژوه دانشگاه کوئینزلند در بریزبن استرالیا است. او باور دارد که توجه گزینشی (به معنای تمرکز روی تعداد کمی از عناصر در میان تمام اطلاعات حسی در دسترس) ماهیت ذاتی ذهنیت است چراکه نشانی بر کنترل یک فرد از ادراکش می‌باشد. او همچنین بیان می‌دارد که « چندان مطمئن نیستم که میان تجربه ذهنی و توجه گزینشی تفاوتی وجود داشته باشد.»

من احتمالاً آگاه هستم و در حدود ۲۹۰ میلیون سال این آگاهی را داشتم.

ده علامت آگاهی

از این‌که یک جاندار آگاه است یا خیر اطمینان ندارید؟ نشانه‌هایی که به دنبال آن باید بود این‌ها هستند:

- شناسایی خود در آیینه
- داشتن بینش در مورد ذهن دیگران
- اظهار پشیمانی بعد از اتخاذ یک تصمیم بد
- افزایش ضربان قلب در شرایط پرتنش و استرس‌زا
- دارا بودن تعداد زیادی گیرنده‌ی دوپامین جهت احساس پاداش
- انعطاف بسیار بالا در تصمیم‌گیری
- داشتن توانایی در تمرکز توجه (تجربه ذهنی)
- نیازمند خواب بودن

• حساس به بیهوش‌کننده ها
• نمایش نامحدود از یادگیری به روش تداعی

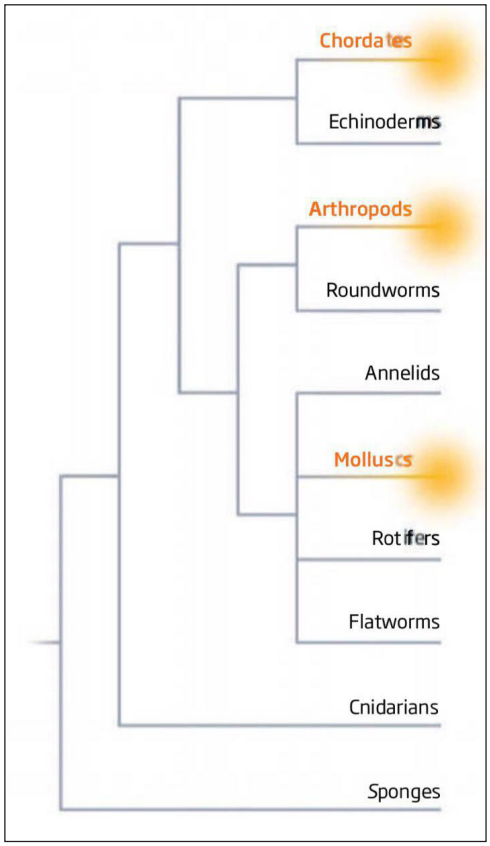
به‌منظور کشف این حقیقت که مگس میوه قابلیت توجه گزینشی را داراست یا خیر، فان سوئیندرن مگس‌ها را برای راه رفتن روی یک توپک معلق بر بالشتک هوایی در جلوی یک صحنه‌ی مجازی تصویر شده بر دیواری از دیودهای نورانی آموزش داد. با چرخش توپک، مگس‌ها قادر به عوض کردن صحنه و انتخاب یکی از دو شی برای جلب توجه خود بودند. تصاویر با نرخ‌های متفاوت چشمک می‌زدند به‌طوری‌که وقتی مگسی به یک شی خاص توجه می‌نمود، بسامدهای قابل‌ملاحظه ناشی از فعالیت عصبی آن تولید می‌شد که از طریق کاوشگرهای (پراب) کاشته شده در مغزش برداشت می‌شد. نتایج جالب توجه بود. او اظهار داشت: «مثل یک کانون توجه می‌ماند. پنجره‌ای پویا از توجه که در حال گردش است و اشیای دیگر که ناپدید می‌شوند. مغز (این) مگس کوچک به‌واقع ظرفیت توجه را دارا است. این برای من به‌منزله‌ی فروپاشی آگاهی است.»
سنجش توجه به شکل بالا کاری پرزحمت است. اما فان سوئیندرن فکر می‌کند که احتمالاً راهی سخت اما مؤثر برای جداسازی جاندارانی که توجه می‌کنند از آن‌هایی که این قابلیت را ندارند، وجود دارد. او می‌گوید: شاید یک آزمایش ساده‌تر، بررسی این باشد که کدامین جاندار به خواب نیاز دارد. تا اینجا به نظر می‌رسد جاندارانی که توجه می‌کنند همان‌هایی هستند که نیاز به خواب دارند. «این جانداران شامل مهره‌داران، حشرات، سخت‌پوستان و هشت پایان بوده و احتمالاً جانداران کم‌تحرک‌تر مثل ستاره دریایی، کرم‌ها و عروس دریایی را در بر نمی‌گیرد. فان سوئیندرن همچنین دریافت که حشرات و مهره‌داران به بیهوش‌کننده‌های عمومی تقریباً یکسان پاسخ می‌دهند. او اظهار داشت: «(میزان) غلظتی که برای بیهوش کردن یک مگس لازم می‌باشد تقریباً با میزان غلظت لازم برای یک فیل برابر است، بدین معنا که هر دو آن‌ها هوشیاری خود را به یک شکل از دست می‌دهند.» در مقابل، کرم‌های لوله‌ای که به نظر نمی‌رسد توجه گزینشی یا هر چیزی با رویکرد به آگاهی داشته باشند، به ۱۰ برابر (غلظت) بیشتر از بیهوش کننده تا عدم تحرک (کامل) نیاز دارند. جستجو برای توجه گزینشی نشان می‌دهد که پدیده‌ای مثل آگاهی در کمترین حالت هم در مهره‌داران، حشرات و هشت پایان اتفاق می‌افتد. ما می‌دانیم که جد مشترک این گروه‌ها سازواره ای بسیار ساده و شبیه به کرم‌های پهن بوده است. کرم‌های پهن امروزی در صورت بروز علائمی از آگاهی اولیه، تعداد کمی از آن را نشان می‌دهند، بنابراین بیان فرض فقدان آگاهی در جد مشترک به نظر درست است. اگر این‌طور باشد، بدین معنا است که آگاهی سه گروه مجزا از یکدیگر دچار تکامل شده است. این در تقابل با طرح پیشنهادی گرینر است، اما از ایده‌ی او در مورد کارکرد آگاهی حمایت می‌کند. پرینز می‌گوید: « وقتی‌که گامی به عقب می‌گذارید و شروع به ارائه نظر در مورد این‌که چرا این سامانه‌ها در هر جا ایجاد شدند، می‌کنید، ماجرا به نظر منطقی می‌آید.» هر سه گروه جاندارانی چابک و سریع دارد که در زمان حرکتشان با شرایط سریعاً متغیر مواجه می‌گردند و این تصمیم‌گیری انعطاف‌پذیر را بااهمیت‌تر می‌کند.
با این وجود، همه از (در نظر گرفتن) توانایی هدایت تمرکز به‌عنوان نشانه‌ای از آگاهی متقاعد نمی‌شوند. مایکل گرازیانو، عصب پژوه دانشگاه پرینستون در نیوجرسی بیان می‌دارد که توجه گزینشی به کنترل و مدیریت داده ارتباط دارد. برای عمل روی داده مورد نظر، جاندار نیاز به یک مدل ذهنی از توجه داشته و به دلایل مشابه به یک مدل ذهنی از بدن خود نیز نیاز دارد.
«قلمرو جاندار با انواع دیگر آگاهی پوشانده می‌شود.»
گرازیانو می‌گوید: «این‌که به بازویم بگویم: بازو برو اینجا برایم بدون مشکل است. اما چیزی در مغزم به داشتن مدلی از این‌که بازو چه چیزی است، حرکات احتمالی آن چگونه است و تعاریف شبیه به این نیاز دارد.» به‌طور مشابه، مدلی از توجه تمرکز شما را بر روی چیزی شناسایی می‌کند و می‌داند که شما تا چه اندازه سریع قادر به تغییر تمرکز هستید و از این قبیل. طبق نظر گرازیانو، این مدل □ که به خودی خود توجه گزینشی نیست– مسئول خودآگاهی ما از جهان پیرامون است. او تصریح می‌کند که شاید چنین سطحی از پیچیدگی ذهنی تنها در مهره‌داران یافت شود. زیست‌شناس تکاملی دانشگاه تل آویو، اوا جابلونکا هم بر این نظر است که آگاهی حرف‌های بیشتری نسبت به توجه گزینشی برای گفتن دارد. او معتقد است ما باید به دنبال «یادگیری تداعی گرای نامحدود» به‌عنوان نشانه‌ای از منشأ آگاهی باشیم. این قابلیتی است که در آن نشانه‌های چندگانه در ادراکی یگانه (به‌طوری‌که بیشتر از مجموع قسمت‌های آن است)، یکی می‌شوند، سپس از آن نشانه مرکب برای اجرای رفتار (رانه) استفاده می‌شود. این به ما اجازه می‌دهد تا بدانیم ممکن است یک سگ غرغرو در یک موقعیت بازیگوش بوده در موقعیتی دیگر تهدیدکننده باشد. او اظهار می‌دارد: «این شروع آگاهی کمینه را نشان می‌دهد.»
استعداد منفجره یادگیری تداعی گرای نامحدود نیازمند زنجیره‌ای از کارکردهای مغز است و این کارکرد نه‌تنها شامل توجه گزینشی

می‌گردد بلکه توانایی ترکیب حس‌ها به درون یک ادراک، انجام الگوهای کاری مرکب و ایجاد تمایز میان خود و محیط اطراف را نیز در بر دارد. دانشمندان به۹ مدرکی دست یافتند که نشان می‌دهد این یادگیری پیچیده به‌طور اعجاب‌آوری در سراسر سرزمین جانداران شایع است. محققان تاکنون آن را تقریباً در همه‌ی مهره‌داران (احتمالاً به‌جز مکنده ماهی‌ها)، برخی از بندپایان مانند حشرات و خرچنگ‌ها، تعداد کمی از نرم‌تنان شامل هشت پایان و احتمالاً برخی از حلزون‌ها مستند کرده‌اند. تکلیف گروه‌های دیگر همچون کرم‌ها ازآنجاکه ما مدارک کافی برای اثبات آن نداریم، نامشخص است. جابلونکا اظهار می‌دارد که :» حفره‌های زیادی در دانش ما وجود دارد.»

با این وجود، چیزی که ما تاکنون می‌دانیم جابونکا را به این موضوع مشکوک می‌کند که آگاهی در مهره‌داران و بندپایان اولیه در زمان انفجار کامبرین (یعنی ۵۴۰ میلیون سال قبل و زمانی که این گروه‌ها به سرعت متنوع گشتند)، تکامل یافته است. (احتمالاً آگاهی در هشت پایان در حدود ۲۵۰ میلیون سال پیش و بعد از جدا شدن اجداد آن‌ها از دیگران از جمله نرم‌تنان بااستعدادی چون صدف دوکفه‌ای و حلزون تکامل یافته است.) این خاستگاه جالب است. انفجار کامبرین پیدایش اغلب گروه‌های مهم جانداران زنده کنونی را به خود دیده است و جابلونکا اظهار می‌دارد که آگاهی–که از گزینشی برای توانایی یادگیری مؤثر رانده می‌شود–امکان دارد به راندن آن تکامل سریع هم کمک کرده باشد. او می‌گوید: « نمی‌توانم چیزهای زیادی را به یاد آورم که قادر به تغییر انطباق‌پذیری به این شکل شگفت‌آور باشند.» وقتی صحبت از احتساب آگاهی در یک مفهوم تکاملی می‌شود، اظهارنظر قطعی و نتیجه‌گیری در مورد آن هنوز زود است. با وجود این‌که محققان هنوز به دنبال رسیدن به توافقی مبنی بر این‌که آگاهی کی بروز می‌کند و چه جاندارانی از آن بهره می‌گیرند، هستند، اما موفق به اغنای درک ما از چیستی آگاهی شده‌اند. شکی نیست که آگاهی انسان ویژه است. این‌که آگاهی مذکور در یک بخش مشخص منحصربه‌فرد است یا کاملاً غنی‌تر از دیگر جانداران است، هنوز مسلم نیست.

هوشیاران

علائم آگاهی حداقل در سه شاخه از جانداران یافت شده است و این نشان می‌دهد که این آگاهی بیش از یک‌بار تحت تکامل قرار گرفته است و بیشتر از آن چیزی که اغلب مردم فکر می‌کنند با هم اشتراک دارند.



با این وجود، اشکال اولیه آگاهی در دور تا دور ما موجود است. این امر برای بسیاری شگفت‌آور است. پرینز می‌گوید»من به‌طور کامل متقاعد شدم که خلاف (حرف من) حقیقت دارد. سازوکارهای بنیادین می‌توانند در مخلوقات با تنوع خیلی زیاد پیدا شوند.»

درس دیگری که از این نگرش می‌توانیم بگیریم این است که آگاهی به خوبی و روشنی تعریف نشده است. ست اظهار می‌دارد: « فکر نمی‌کنم ما هیچ‌گاه قادر به یافتن یک خط جداکننده میان گونه‌هایی که از تلألؤ جهان درونی لذت می‌برند و آن‌هایی که نمی‌برند، باشیم.» « تنها یک را برای آگاه بودن وجود ندارد. قلمرو جانداران با دیگر انواع اذهان و آگاهی‌ها پر خواهد شد و آن‌ها نمی‌خواهند که تنها نسخه‌ای کوچک از آگاهی انسان باشند. ما مرکز جهان نیستیم.»

سیر تکاملی آگاهی

در سیر تکاملی آگاهی در ابتدا هیچ قسمت تکامل یافته ای در سیستم اعصاب جانداران برای انتخاب گزینشی مدبرانه وجود نداشته و نورون‌ها همانند نامزدهای یک انتخابات عمل می‌کنند، که هر کدام فریاد می‌زنند و سعی می‌کنند همتایان خود را سرکوب کنند. در هر لحظه تنها تعداد کمی از نورون‌ها در این رقابت شدید پیروز می‌شوند، و سیگنال‌های آنها بر هیاهوها غلبه می‌کنند و رفتار حیوانات را شکل میدهند یعنی رقابتی تصادفی که با توجه به نزدیک شدن به منفعت و بقا و دوری از از حذف شدن در طبیعت با ارائه یک رفتار در حیوانات برگزیده میشوند

هیدرا، هم خانواده کوچک چتر دریایی، مسلما کوچکترین سیستم عصبی شناخته شده، که شبکه‌ای از عصب‌ها را دارد. اگر به هر قسمتی از بدن هیدرا به آرامی ضربه بزنید، یک واکنش کلی نشان می‌دهد. این موجود هیچ نشانه‌ای از پردازش انتخابی برخی از ضربه‌ها و نادیده گرفتن مدبرانه برخی دیگر نشان نمی‌دهد.

ولی نمونه بارز این تکامل رقابت گرایانه که بسمت بهبود سیگنالهای انتخابی پیش میرود در چشم بند پایان مشخص میشود

چشم این جانداران سیگنال‌های مرتبط با لبه‌ها را واضح می‌کند و دیگر سیگنال‌های بصری را نادیده می گیرد، و از اینرو یک طرح برون‌خط از جهان را ایجاد می‌کند

بنابراین، بهبود انتخابی سیگنالها احتمالا در زمانی میان پیدایش هیدراها و بندپایان، بین حدود ۷۰۰ و ۶۰۰ میلیون سال پیش، نزدیک به شروع حیات پیچیده تکامل یافته است.

بهبود انتخابی سیگنال آنقدر کهن است که حتی نیازی به یک مغز مرکزی ندارد. چشم، شبکه حسگرهای لامسه بر روی بدن، و سیستم شنوایی ، هر کدام می‌توانند نسخه‌های محلی از تمرکز توجه بر روی چندین سیگنال برگزیده را داشته باشند.

ولی با گذشت زمان و با توجه به محیط و سیل اطلاعات ورودی و محرکهای گوناگون حسی و تکثیر گونه ها یک کنترل کننده مرکزی برای توجه لازم بود که بتواند میان تمامی حس‌ها هماهنگی ایجاد کند. در بسیاری از حیوانات، این کنترل کننده مرکزی، محیطی در مغز به نام بام (تکتوم) است. (تکتوم در لاتین به معنی بام [یا سقف] است و بالای مغز را می پوشاندالبته در انسان زیر قشر میباشد.) این قسمت چیزی به اسم «توجه آشکار» را هماهنگ می‌کند؛ به این معنی که دیش‌های ماهواره چشم‌ها، گوش‌ها، و بینی را به سمت یک رویداد مهم می‌چرخاند.

تمامی جانداران مهره‌دار، یعنی ماهی‌ها،خزندگان، پرندگان، و پستانداران، یک بام دارند. حتی مارماهی‌ها یک بام دارند، و پیدایش این جانداران آنقدر به زمان‌های گذشته بر می گردد که حتی آرواره پایینی ندارند. اما تا آنجا که اطلاع داریم ، بام در هیچ یک از جانداران بی‌مهره وجود ندارد.

بام و کنترل مرکزی توجه احتمالا حدود دوره انفجار کامبرین در ۵۲۰ میلیون سال قبل تکامل یافته‌اند.

تکتوم یا بام یک مهندسی بسیار زیبایی دارد. برای کنترل سر و چشم‌ها بطور موثر، این قسمت از مغز چیزی به اسم مدل داخلی را می‌سازد، ویژگی که برای مهندسان به خوبی شناخته شده است. مدل داخلی شبیه‌سازی است که چیزهایی که کنترل می‌شوند را ردیابی می‌کند و امکان پیش‌بینی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها را فراهم می‌کند. مدل داخلی بام مغز مجموعه‌ای از اطلاعات کدگذاری شده در الگوی پیچیده فعالیت نورون‌ها است. این اطلاعات وضعیت فعلی چشم‌ها، سر، و دیگر اعضاء اصلی بدن را شبیه‌سازی می‌کند، و پیش‌بینی‌هایی را در مورد حرکت بعدی این اعضاء و در مورد پیامدهای حرکت آنها ایجاد می‌کند. برای مثال، اگر چشم‌های خود را به سمت راست حرکت دهید، جهان بصری باید به شیوه‌ای قابل پیش‌بینی از یک سوی شبکیه چشم شما به سمت چپ حرکت کند. بام مغز سیگنال‌های بصری پیش‌بینی شده را با ورودی بصری واقعی مقایسه می‌کند، تا اطمینان حاصل کند که حرکت شما همانطور که برنامه‌ریزی شده است به پیش می‌رود. این محاسبات به صورت فوق‌العاده‌ای پیچیده هستند و همچنان به دلیل کنترل حرکت ارزش صرف انرژی اضافی را دارند. در ماهی‌ها و جانوران دوزیست، بام مغز یک برجستگی پیچیده و بزرگترین بخش در مغز است. یک قورباغه شبیه‌سازی بسیار خوبی از خودش دارد.

با تکامل خزندگان حدود ۳۵۰ تا ۳۰۰ میلیون سال پیش، یک مغز جدید به اسم Wulst شروع به تکامل کرد. پرندگان Wulst را از پیشگونه‌های خزنده خود به ارث بردند. پستانداران هم همینطور، اما نسخه ما معمولا قشر مغز نامیده می‌شود و به میزان فوق‌العاده زیادی گسترش یافته است. این بخش به مراتب بزرگترین ساختار در مغز انسان است.

منشا قشر مغز در Wulst خزندگان است، و خزندگان احتمالا بسیار باهوشتر از آنچه که ما فکر می‌کنیم هستند.
قشر مانند یک بام یا تکتوم ارتقا یافته است. ما هنوز بام را در زیر قشر دار یم و این بخش همان عملکردهایی که در ماهی و جانوران دوزیست انجام می‌دهد را انجام می‌دهد.

مهمترین تفاوت میان قشر مغز و بام مغز می‌تواند نوع توجهی باشد که این دو کنترل می‌کنند. بام مغز در توجه آشکار مهارت دارد، یعنی دستگاه حسی را بر سمت رویدادهای مهم متمرکز می‌کند. قشر مغز کیفیت توجه پنهان را بالا می‌برد. برای توجه به چیزی به صورت پنهان لازم نیست که مستقیما به آن نگاه کنید. حتی اگر سر خود را به سمت یک شی برگردانید، قشر شما همچنان می‌تواند منابع پردازشی خود را بر آن متمرکز کند.

قشر شما می‌تواند توجه پنهان را از یک متن در جلو شما به یک فرد در نزدیکی شما، صداهایی که از حیاط می‌آیند، به یک اندیشه یا یک خاطره انتقال دهد. توجه پنهان حرکت مجازی یک پردازش عمیق از یک چیز به چیزی دیگری است.

مغز توجه پنهان را از لحاظ فیزیکی به شیوه‌ای نامنسجم، و به عنوان یک ماهیت غیر فیزیکی بیان می‌کند. و مطابق با تئوری، این منشاء آگاهی است. ما می‌گوییم که آگاهی داریم چونکه در اعماق مغز، چیزی کاملا وابسته به دوران نخستین این خود توصیفی نیمه جادویی را محاسبه می‌کند. افسوس که تمساح در واقعیت نمی‌تواند حرف بزند. اما در این تئوری، این حیوانات به احتمال زیاد شکل ساده‌ای از شمای توجه را دارند.

در تئوری توجه کلی، شِمای توجه در ابتدا به عنوان مدلی از توجه پنهان خود فرد تکامل یافتند. اما مطابق با این تئوری، زمانیکه این مکانیزم ساده در جای خود قرار گرفت، در جهت مدل‌سازی وضعیت‌های توجه دیگران سازگار شد، تا امکان پیش‌بینی اجتماعی را فراهم کند. مغز نه تنها می‌توانست خود آگاهی را به خود نسبت دهد، بلکه شروع به نسبت دادن خود آگاهی به دیگران کرد.

اگر یک قابلیت ساده برای نسبت دادن آگاهی به دیگر در پستانداران و در پرندگان وجود داشته باشد، منشاء این قابلیت می‌تواند در پیشگونه مشترک، یعنی خزندگان باشد. در داستان تکامل تئوری توجه کلی، شناخت اجتماعی با فاصله اندکی بعد از تکامل Wulst خزندگان شروع به افزایش کرد. تمساح‌ها ممکن است پیچیده‌ترین جانوران بر روی کره زمین نباشند، اما در اجتماع‌های بزرگی زندگی می‌کنند، مراقب بچه‌های خود هستند، و می‌توانند حیوانات دست‌آموز وفادار و در عین خطرناکی باشند.
اگر تئوری توجه کلی درست باشد، ۳۰۰ میلیون سال تکامل خزندگان، ماکیان، و پستانداران، امکان تکامل مدلسازی خود و مدلسازی اجتماعی را به صورت سلسله مراتبی فراهم کرده است. ما دیگر افراد را با تصور اینکه دیگران متوجه حضور ما هستند درک می‌کنیم.

سالیان سال بعداز ارتقای تکتوم در مهره داران و بعد از آن Wulst در خزندگان با توجه به شرایط زیستی و شدت ورودی محرکهای حسی از محیط پیرامون و منابع پر انرژی غذایی (مثل حشرات)در پستانداران و پرندگان افزایش حافظه و پیچیدگی پدیدار میگردد.

با افزایش حافظه، تجربیات هوشیاری پایدارتر می شود و کمتر به صورت «لحظه ای » و «حال یادآوری شده» خواهد بود و بخش بیشتری از گذشته یادآوری شده را در بر خواهد گرفت. ذخیره دانش بیشتر به ما امکان می دهد به طور ذهنی بتوانیم بهتر پیش بینی کنیم چه اتفاقاتی در آینده روی خواهد داد و چه طور می توان به این اتفاقات به بهترین شیوه پاسخ داد افزایش حافظه منجر به نوع بالغ تری از توجه انتخابی در پستانداران (و احتمالا پرنده ها) می شود که شامل توجه به محرک مهمی است که جانور اهمیت آن را آموخته است.

حالا سوال این است که آیا اولین پرنده ها و پستانداران در محیط هایی ساکن شدند که تکامل پردازش حسی و افزایش حافظه را ترجیح می داد؟ تصور می شود که هر دو گروه در جنگل ها زندگی می کرده اند یا پستانداران اولیه ساکن زیستگاه های دیگری بودند که پوشش های محافظتی در اختیار آنها قرار می داد مثلا در بین صخره ها، نقب های زیرزمینی یا زیر پوشش های گیاهی به سر می بردند. ما تصور می کنیم پستانداران شب زی در بستر مناطق جنگلی در دنیایی پر از بوها و چیزهای متنوعی که می توانستند لمس شان کنند به سر می بردند و این میان موهای آنتن مانندشان خیلی به آنها کمک می کرد . پرندگان روزفعال نیز در بالای درختان زندگی می کردند؛ زیستگاه سه بعدی پیچیده ای که برای این که بتوانند در آن از شاخه ای به شاخه دیگر بپرند و از برخورد با موانع جلوگیری کنند نیاز داشتند از نظر بصری به محیط تسلط کامل داشته باشند بنابراین هر دو تبار در محیط هایی زندگی می کردند که سرشار از طیف متنوعی از محرک های حسی اطلاعاتی بود.
هر چند هر دو گروه کوچک و نسبتا بی دفاع بودند اما راهکار های حفاظتی خوبی داشتند. پرنده ها می توانستند با پرواز خود را از خطر دور کنند و در سایه درختان جنگل پنهان شوند. پستانداران شب زی به واسطه پناه بودن و تاریکی پوشش گیاهی که به زیر آن می خزیدند در امان بودند. در این شرایط امن آنها زمان کافی برای افزایش وزن داشتند و توانستند بر مبنای اطلاعات ورودی حسی زیادی که به طور مداوم دریافت می کردند از بین تصمیمات مختلف دست به انتخاب بزنند.

زبا ن شاید جدیدترین جهش در تکامل آگاهی باشد. هیچکس نمی‌داند که چه زمانی زبان انسان در ابتدا تکامل بافت. مشخصا ما این ویژگی را در ۷۰ هزار سال پیش، یعنی زمانیکه انسان شروع به پراکنده شدن در اطراف جهان کرد، داشتیم، چونکه تمامی گروه‌های پراکنده شده یک زبان پیچیده داشتند. رابطه میان زبان و خود آگاهی اغلب مورد بحث قرار می گیرد، اما می‌توانیم حداقل تا این اندازه مطمئن باشیم که: زمانیکه ما زبان را توسعه دادیم، می‌توانستیم در مورد خود آگاهی و مقایسه نشانه‌ها صحبت بکنیم. می‌توانستیم با صدای بلند بگوییم: «من نسبت به همه چیز آگاهم. همانطور که او است. همانطور که این رودخانه لعنتی قصد داشت روستای مرا ویران کند است.»
اگر باد بر علف‌ها بوزد و صدای خشش ایجاد کند و شما این صدا را با یک شیر اشتباه بگیرید، آسیبی به شما نخواهد رسید. اما اگر نتوانید یک شیر واقعی را تشخیص بدهید، از خزانه ژنی حذف خواهید شد.
احتمال، تا اندازه‌ای به دلیل اینکه زبان و فرهنگ، انسان‌ها گرایش ظریفی برای نسبت دادن خود آگاهی به همه چیزهای اطراف خود را داشته باشند. ما خود آگاهی را به کاراکترهای داستان، عروسک‌ها، طوفان‌ها، رودخانه‌ها، فضاهای خالی، روح‌ها و خدایان نسبت می‌دهیم. جاستین بارت این ویژگی را دستگاه تشخیص پویایی بیش فعال یا HADD نامید. یک گمان‌پردازی این است که بهتر است ایمن باشیم تا اینکه افسوس بخوریم.

اگرچه، دستگاه تشخیص پویایی بیش فعال چیزی فراتر از تشخیص شکارچیان است. این ویژگی پیامد ماهیت بسیار اجتماعی بودن ما است. تکامل دامنه گرایش ما به مدلسازی دیگران را گسترش داد و حال ما کاملا با وضعیت‌های ذهنی یکدیگر هماهنگ شده‌ایم. این ویژگی تمایل شدید به سازگاری را به ما می‌دهد.

آگاهی محو می شود:

هر دویشان دراز کشیده اند. پدر، با صدایی آهسته و یکنواخت، در حال گفتن داستانی برای دخترش است که بارها آن را تکرار کرده است. او هوایی را که باعث لرزش تارهای صوتی اش می شود را به بیرون می راند. صدایش از طریق زبان، لبها و کام مدوله می شود. در کمتر از یک هزارم ثانیه، موجی از فشار صوتی به گوش دختر راه می یابد. دوباره این صدا در گوش او به حرکت تبدیل می شود. این حرکت باعث به جریان افتادن گیرنده های مکانیکی در نوک سلولهای مویی، دستگاه بیولوژیکی شگفت انگیزی که لرزش هوا را به پالسهای الکتریکی تبدیل می کند، می شود. هر گردش این سلولها باعث باز شدن کانالهای میکروسکوپی در غشاهایی می شود که از طریق آن یونها وارد شده و جریانی را به وجود می آورند که تا قشر شنوایی حرکت می کند، و این فعالیتهای نورونی واژه هایی را کدبندی می کند که دختر، مثل همیشه، با صدایی آهسته تکرار می کند. همان واژه هایی که در صدای ضخیم و یکنواخت پدرش با نوسانات ظریفی وجود دارد ، اکنون درون داستانی است که دختر در ذهنش ساخته است، وقتی که داستانی را که برای چندین بار گفته شده است دوباره می شنود.

اکنون دختر نفس عمیقتری می کشد، خمیازه می کشد، بدنش اندکی می لرزد. دختر به خواب می رود. پدر بدون تغییر دادن آهنگ یا مقدار صدا و یا لحن، همچنان داستان را ادامه می دهد. صدا همانطور منعکس می شود و به گوش دختر می رسد، باعث جابجایی سلولهای مویی شده و در نتیجه جریان یونی باعث می شود نورونهای قشر شنوایی دختر فعال شوند. همه چیز مثل سابق است، جز اینکه دیگر دختر داستان را در ذهنش مجسم نمی کند. او دیگر واژه ها را با صدایی آهسته تکرار نمی کند. یا اینکه اینطور نیست؟ کلماتی را که به هنگام خوابیدن می شنویم کجا می روند؟

آیا آگاهی آهسته آهسته محو میشود؟ آیا براستی این مصداق جمله جولیو تونونی است؟ که میگوید : هرکسی میداند آگاهی چیست آن چیزی است که هرشب هنگام خوابیدن بدون رویا شما را ترک میکند و صبح بعدهنگامی که بیدار میشوید باز میگردد

اولین چیزی را که باید بدانیم این است که به هنگام خوابیدن، مغز خاموش نمی شود. در حقیقت، مغز هیچ وقت از کار باز نمی ایستد؛ اگر چنین شود، زندگیمان خاتمه می یابد.

داستانی دیگر،آگاهی گم میشود:

داستان کن پارکز ۲۳ ساله در ۲۳ می ۱۹۸۷ درحالیکه درحال تماشای تلویزیون بود و بخواب رفته بود شروع شد ، در آن زمان او با همسر و دختر ۵ ماهه اش زندگی میکرد و درگیر مشکلات مالی ، مشکلات زناشویی و اعتیاد به قمار بود . او نقشه کشیده بود که روز بعد مشکلاتش را با پدر و مادر همسرش درمیان بگذارد. نا مادری وی در توصیفش میگوید او یک غول مهربان بود(چون خیلی قدش بلند بود) و بخوبی با پدرومادر همسرش کنار میامد . کن در همان شب بلند میشود و بیست و سه کیلومتر تا خانه والدین همسرش رانندگی میکند ، پدرزنش را خفه میکند و مادر زنش را باضربات چاقو به قتل میرساند ، سپس او تا نزدیکترین ایستگاه پلیس رانندگی کرده و به پلیس میگوید من فکر میکنم که کسی را کشته ام .

او هیچ چیز از واقعه را بیاد نمیاورد، بنظر میرسد که ذهن خودآگاهش در این اپیزود وحشتناک غایب بوده است.

مغز کن پارکز چه اشتباهی کرده بود؟

وکیل پارکز ، خانم مارلی ادوارد یک تیم از کارشناسان را برای کشف این راز تشکیل داد. آنها بلافاصله بعد از شروع به حوادثی که ممکن بود به خواب کن ربط پیدا کند مشکوک شدند. در حالیکه کن در زندان بود ، وکیلش با کارشناس خواب راجر بروتون تماس گرفت تا سیگنالهای EEG کن را در زمانیکه خواب است اندازه گیری کنند. خروجی های ثبت شده از مغزش سازگار بود با افرادیکه در خواب راه میروند، بررسی بیشتر تیم نشان از اختلالات خواب در شجرنامه فامیلی کن داشت

با توجه به هیچ انگیزه ای ، هیچ جعلی در نتایج خواب و گستره تاریخچه فامیلی ،کن در این آدمکشی بی گناه شناخته و آزاد شد.

آگاهی از گذشته تا امروز

در سال ۱۷۱۳ گاتفرید ویلهلم لبنیز بیان کرد که مواد به تنهایی توانایی تولید ذهن را ندارند. لبنیز فیلسوف، ریاضیدان و دانشمندی بود

که گاهی اوقات به او لقب «آخرین مردی که همه چیز را میدانست» را میدهند. از نظر لبنیز، جرم مغزی به تنهایی توانایی تولید زندگی را ندارد. او آزمایشی را ارائه داد، که امروزه به عنوان Leibniz Mill شناخته میشود. یک کارخانه را تصور کنید، اگر که داخل آن قدم بزنید چرخدنده ها، اهرمها و قطعاتی را خواهید دید که در حال حرکتند، اما مضحک خواهد بود اگر بیان کنیم که کارخانه درحال تفکر، احساس و یا درک کردن است. آیا یک کارخانه میتواند عاشق شود، و یا از غروب آفتاب لذت ببرد؟ لبنیز بیان کرد که یک کارخانه تنها از قطعات و تکه ها ساخته شده، و مغز نیز چنین ساختاری دارد. اگر که اندازه یک مغز را همانند یک کارخانه افزایش دهید و در آن قدم بزنید، تنها قطعات و اجزا را خواهید دید.

هیچ قسمتی در این سیستم درحال پاسخ به درک نبوده، و هرچیزی صرفا در هماهنگی با قطعات دیگر صرفا کار میکند. اگر که تمامی تعاملات این سیستم را یادداشت کنید، نمیتوانید به نتیجه ای درباره محل و یا قطعات مورد نظر مرتبط به فکر، احساس و یا درک برسید. یک کارخانه از قطعات مکانیکی درحال تعامل تشکیل شده است، اما نمیتوان این امر را به عنوان قدرت تفکر کارخانه برداشت کرد. بنابراین جادوی مغز، که متشکل از اجزا و قطعات است در کدام قسمت روی میدهد؟ هنگامی که به مغز نگاه میکنیم، نورونها، سیناپس، فرستنده های شیمیایی، و فعالیتهای الکتریکی، و به عبارتی میلیونها سلول فعال و درحال تعامل را مشاهده میکنیم. در میان آنها، هویت فرد در کجا قرار دارد؟ افکار و احساسات چطور؟ درک احساسات خوشحالی، و یا رنگ آبی نیلی در کجا روی میدهد؟ چگونه فرد میتواند صرفا از مواد ساخته شده باشد. از نظر لبنیز نمیتوان ذهن را از دیدگاه رویدادهای مکانیکی توضیح داد. اما آیا امکان دارد که لبنیز در نظریه خود چیزی را فراموش کرده باشد؟ ممکن است که در نظارت بر قطعات و اجزا مجزای مغز، مقوله ای فراموش شده باشد. شاید تصور راه رفتن در یک کارخانه روشی اشتباه برای پاسخ به سوال آگاهی باشد.

مورچه های کشاورز

برای درک آگاهی انسان، نباید از دیدگاه اجزا و قطعات مغز به این مقوله نگاه کرد، و درعوض باید به شیوه تعامل این اجزا با یکدیگر توجه نمود. اگر میخواهیم درکی از چگونگی همکاری اجزا کوچک و ایجاد چیزی بزرگتر از خودشان را درک کنیم، کافی است تا به نزدیکترین لانه مورچه ها توجه کنیم. میلیونها عضو در هر کلونی وجود دارد. در این کلونیها مورچه های برگچین غذای خود را تهیه میکنند. آنها درست همانند انسانها «کشاورز» هستند. برخی از مورچه ها بیرون از لانه خود به دنبال سبزیجات تازه هستند. هنگامی که سبزیجات تازه را پیدا کنند، تکه های بزرگ آن را گاز زده و با خود به لانه حمل میکنند. با این حال مورچه ها این برگها را نمیخورند. درعوض مورچه های کارگر کوچک این برگها را گرفته، به قطعات کوچکتر تبدیل میکنند و آنها را در باغچه های زیرزمینی خود به عنوان کود برای پرورش قارچ استفاده میکنند. مورچه ها شروع به تغذیه قارچها میکنند، سپس قارچها به حالت رسیده درآمده که بعدا از آنها تغذیه میکنند. این رابطه چنان وابستگی زیستی را به وجود آورده که قارچ دیگر توانایی بازتولید خود را نداشته، و برای انتشار صرفا به مورچه ها وابسته است. با استفاده از این استراتژی کشت و کار موفق، مورچه ها توانایی ساخت لانه های عظیم زیرزمینی، به ابعاد صدها متر مربع را دارند. مانند انسانها، این مورچه ها توانسته اند تا به تمدن کشاورزی تمام و کمال دست پیدا کنند. نکته مهم اینجاست که: با این وجود که کلونی مانند یک فوق–سازمان بوده که شاهکاری طبیعی را خلق کرده، اجزا یا هر مورچه این مجموعه شدیدا ساده رفتار میکند. آنها تنها از قوانین محلی پیروی میکنند. ملکه قوانین را صادر نکرده و یا رفتار مورچه ها را از جایگاهی بالاتر تنظیم نمیکند. درعوض هر مورچه براساس سیگنالهای شیمیایی از دیگر مورچه ها، لاروها، مزاحمان، غذا، زباله ها و یا برگها واکنش نشان میدهد. هر مورچه یک واحد ساده و خودمختار است که واکنشهای او تنها به محیط محلی و قوانین کدگذاری شده ژنتیکی بستگی دارد. کلونیهای مورچه برگچین با وجود نبود تصمیم گیری مرکزی، چیزی را نشان میدهند که رفتاری خاص و خارق العاده است. فراتر از بحث کشت و کار، کارهای دیگری چون یافتن حداکثر فاصله از تمامی ورودیهای کلونی برای از بین بردن اجساد را نیز انجام میدهند. امری که یک مسئله هندسی دشوار است.

هر مورچه برگچین به صورت محلی ارتباط برقرار میکند، و درکی از ابعاد بزرگتر ندارد. اما کشاورزی پیچیده و مسئولیت پذیر در سطح کلونی تحقق پیدا میکند. امر مهم اینجاست که پیچیدگی کلونی حاصل پیچیدگی اجزا مستقل آن نیست. مورچه ها این درک که بخشی از یک تمدن موفق هستند را ندارند: آنها تنها وظایف کوچک و ساده خود را اجرا میکنند. در زمان تجمع تعداد کافی مورچه ها، یک فوق–سازمان با مشخصه های جمعی پدید میآید که از اجزا پایه ای آن بسیار خاصتر است. این امر که با عنوان «ظهور یافتگی» نیز شناخته شده، زمانی اتفاق میافتد که واحدهای ساده به شکل صحیح تعامل میکنند و پدیدهای عظیم به وجود میآید. امر کلیدی در این فرآیند ارتباط و تعامل مورچه هاست، و این درباره مغز نیز صدق میکند. نورون یک سلول برای قسمتی خاص است، درست همانند تمامی سلولهای بدن، اما توانایی پردازش و انتشار سیگنالهای الکتریکی را نیز دارد. همانند یک مورچه، یک سلول مستقل مغز تنها برنامه ریزی مربوط به خود را در تمام عمر اجرا میکند، سیگنالها را به اطراف خود حمل میکند، در زمان معین انتقال دهنده های عصبی را ارسال میکند، و انتقال دهنده های عصبی ارسالی از دیگر سلولها را دریافت میکند. این تنها کار سلولهای عصبی است. نورونها در تاریکی زندگی میکنند، هرکدام از آنها تمامی مدت در شبکه ای یکپارچه از سلولهای دیگر زندگی کرده و صرفا به سیگنالها پاسخ میدهد. این سلولها درک نمیکنند که چشمها در حال حرکت برای خواندن شکسپیر، و یا دستها در حال حرکت برای نواختن آثار بتهون هستند. آنها حتی درباره خود فرد نیز اطلاعی ندارند. با این وجود که تمامی هدفها، مقاصد، و تواناییهای فرد تماما وابسته به وجود این نورونها است، آنها در مقیاس کوچکتری زندگی کرده و اطلاعی از شی بزرگتری که حاصل تجمع آنهاست ندارند. بنابراین با جمع شدن تعداد کافی از سلولهای مغزی، و ارتباط و تعامل آنها به شکلی درست، مغز پدیدار خواهد شد.

مورچه ها و نورون ها عمرشان را صرف پیروی از قوانین محلی می کنند. مورچه های بی خبر از همه جا رفتار پیچیده کلنی ها را ارتقا می دهند. همان طور که نورون های ما نیز به همین شیوه عمل می کنند. هر جا که نگاه کنید می توانید سیستم هایی را ببینید که خصوصیات آنها از این اصل منشا گرفته. هیچ یک از قطعات فلزی که در هواپیما به کار رفته خاصیت پروازی ندارد اما وقتی این قطعات را به شیوه درست در کنار هم قرار می دهید پرواز امکان پذیر می شود. قطعات و بخش های مختلف یک سیستم ممکن است هر کدام کاملا ساده باشند. همه چیز مربوط به روابط بین این اجزاست. در بسیاری موارد خود این قطعه ها قابل تعویض و جایجایی هستند.

برای آگاهی چه چیزی لازم است؟ هر چند هنوز چیز زیادی از نظر جزییات تئوریکی نمی دانیم اما به نظر می رسد که قدرت ذهن ناشی از روابط بین میلیاردها قطعه و بخش مغز است. این امر منجر به بروز یک سوال اساسی می شود: آیا با بی شمار قطعه به هم مرتبط، ذهن می تواند از هیچ چیز به وجود آید؟ به عنوان مثال یک شهر می تواند آگاه باشد؟ چرا که به هر حال شهر از تعاملات بین عناصر تشکیل شده است. همه سیگنال هایی که از شهر عبور می کنند را در نظر بگیرد: خطوط تلفن، خطوط فیبر نوری، لوله های انتقال فاضلاب، هر بار دست دادن بین انسان ها، هر چراغ راهنمایی و مواردی از این دست. مقیاس تعاملات در یک شهر درست برابر با مغز انسان است. البته اگر یک شهر هوشمند باشد تشخیص آن بسیاری سخت است. شهر چه طور می تواند به ما بگوید که موجود هوشمندی است؟ ما چه طور می خواهیم از آن سوال کنیم؟ برای پاسخ دادن به چنین سوالی به سوال عمیق تری نیاز داریم: برای این که یک شبکه هوشمند باشد، آیا به چیزی بیش از تعدادی قطعه مجزا نیاز داریم و آیا در عمل برای برقراری تعاملات لازم است ساختار بسیار تخصصی در اختیار داشته باشیم؟

پروفسور جولیو تونونی از دانشگاه ویسکانسین برای یافتن پاسخی برای این سوال به شدت مشغول مطالعه است. او به دنبال این است که تعریف کمی ازآگاهی ارائه دهد. او بر این باور است که قطعات و بخش های به هم مرتبط تعریف کافی و جامعی برای هوشمندی نیست. در واقع پشت این تعاملات باید سازمان دهی خاصی وجود داشته باشد. تونونی برای این که در شرایط آزمایشگاهی به بررسی آگاهی بپردازد، از تحریک مغناطیسی درون جمجمه (TMS) استفاده کرد تا فعالیت مغز را در دو وضعیت مختلف با هم مقایسه کند: زمانی که مغز آگاه است و زمانی که مغز در خواب عمیق است (خواب عمیق به معنی زمانی است که آگاهی دیگر وجود ندارد). او و تیمش با اعمال یک جریان الکتریکی انفجاری به کورتکس مغز، می توانند ببینید فعالیت چه طور در مغز منتشر می شود. وقتی یک سوژه آگاه است فعالیت نورون ها به شکل یک الگوی پیچیده ای از نقطه تمرکز پالس TMS به اطراف منتشر می شود. امواج ماندگار این فعالیت به نواحی مختلف قشر مغز منتشر می شوند و به این ترتیب ارتباطات گسترده در درون شبکه آشکار می شود. برخلاف آن، وقتی شخص در خواب عمیق است، همان پالس TMS تنها بخش بسیار کوچکی از مغز را تحریک می کند و فعالیت مغزی خیلی زود فرو می نشیند. در این حالت شبکه بخش زیادی از ارتباطات و پیوستگی خود را از دست داده است. وقتی شخص در کماست نتیجه مشابهی به دست می آید. فعالیت خیلی اندکی در مغز منتشر می شود اما وقتی شخص بعد از گذشت هفته ها آگاهی خود را مجددا به دست می آورد، فعالیت به طور گسترده در مغز منتشر می شود. سطوح بالاتر آگاهی با انتشار گسترده تر فعالیت مغزی همبستگی معناداری نشان می دهد.

تونونی بر این باور است که دلیل این امر این است که وقتی ما بیدار و آگاهیم، ارتباطات گسترده ای بین نواحی قشری مغز وجود دارد. بر خلاف آن در وضعیت ناخودآگاه خواب، فقدان این ارتباطات در بین نواحی مختلف قشر مغز به چشم می خورد. تونونی براساس این چارچوب نتیجه می گیرد که برای داشتن یک سیستم آگاه لازم است بین این دو عنصر توازن عالی وجود داشته باشد: پیچیدگی کافی تا بتواند وضعیت های بسیار متفاوت از هم را نشان دهد (این ویژگی تمایز یا افترق نامیده می شود) و ارتباطات کافی تا بخش های دور از هم شبکه بتوانند تبادلات بسیار نزدیکی با یکدیگر داشته باشند (که یکپارچگی نامیده می شود). در این چارچوب، توزان بین تمایز و یکپارچگی به طور کمی قابل اندازه گیری است و او فرض را بر این قرار می دهد که تنها سیستم هایی می توانند آگاه باشند که در رنج درستی قرار داشته باشند. اگر نظریه او درست باشد، می تواند سطح آگاهی بیمارانی که به کما رفته اند را به روشی غیرهجومی ارزیابی کند. این نظریه همچنین ابزاری در اختیار ما قرار می دهد تا با کمک آن بفهمیم سیستم های بی جان آگاه هستند یا نه. لذا حالا می توانیم به این سوال که آیا یک شهر هوشمند هست یا نه پاسخ دهیم: به این بستگی دارد که آیا اطلاعاتی که در شهر جریان یافته اند در مسیر درستی تنظیم و دسته بندی شده و میزان تمایز و یکپارچگی آنها متناسب باشد. نظریه تونونی با این ایده که انسان به کمک آگاهی اش می تواند از منشا زیستی خود رهایی یابد، همخوانی دارد. در این خصوص هر چند آگاهی طی مسیر ویژه ای که منجر به شکل گیری مغز شده تکامل یافته است، اما الزاما نیازی نداشته که با تکیه بر مواد آلی شکل بگیرد. با فرض این که تعاملات در مسیر خود سازمانده ی شوند، مغز می توانست به سادگی از سیلیکون ساخته شده باشد.

قبل از اینکه به نظریه جولیو تونونی بپردازیم بیایید فیزیولوژی آگاهی را بررسی کنیم.

فیزیولوژی آگاهی

ما در زمان بی‌سابقه‌ای زندگی می‌کنیم که در آن کارخانه‌ی افکار ابهام خود را از دست داده است و بی‌درنگ قابل مشاهده است. وقتی از فرایندی آگاه هستیم فعالیت مغز چطور تغییر می‌کند؟

مستقیم‌ترین راه برای حل این مسئله مقایسه‌ی واکنش‌های قشری Cerebral به دو محرک حسی مشابه است که به دلیل نوسانات داخلی، در توجه، تمرکز یا حالت بیدار سوژه‌ها، مسیرهای ذهنی کاملاً متفاوتی را دنبال می‌کنند. بعضی مواقع محرک را به طور خودآگاه می‌شناسیم، می‌توانیم راجع به آن صحبت کنیم و درباره‌ی آن گزارش دهیم. در مواقع دیگر واکنش بدون مسیر خودآگاه رخ می‌دهد، بر اعضای حسی تأثیر می‌گذارد و مسیر قشری خود را به نحوی دنبال می‌کند که به تغییر کیفی در تجربه‌ی ذهنی ما منجر نمی‌شود. این محرک ناخودآگاه یا نیمه‌خودآگاه خواهد بود. بیایید ملموس‌ترین و رایج‌ترین محرک ناخودآگاه را در نظر بگیریم؛ تصور کنید وقتی به‌آرامی دارد خواب‌تان می‌برد شخصی با شما صحبت می‌کند. هر چه پیش می‌روید حرف‌هایش محو می‌شوند؛ اما هنوز صدایش را می‌شنویم که به گوش‌مان می‌رسد.

بیایید بحث را با بررسی این موضوع آغاز کنیم که تصویر نیمه‌خودآگاه چطور در مغز نمایش داده می‌شود. اطلاعات حسی برای مثال به شکل نور به شبکیه‌ی چشم می‌رسد، و به فعالیت الکتریکی و شیمیایی تبدیل می‌شود که در میان تمام آکسون‌های تالاموس، که دقیقاً در مرکز مغز است، می‌رسد. از آنجا، فعالیت الکتریکی به قشر بصری اولیه، در پشت مغز و نزدیک گردن می‌رسد. بنابراین، حدود ۱۷۰ میلی‌ثانیه بعد از اینکه محرکی به شبکیه می‌رسد، موجی از فعالیت در قشر بصری مغز رخ می‌دهد. این تأخیر نه تنها به دلیل زمان هدایت در مغز است، بلکه به دلیل ایجاد حالت قشری است که محرک را کدگذاری می‌کند. مغز ما به معنای واقعی کلمه در گذشته زندگی می‌کند.

فعالسازی قشر بصری ویژگی‌های محرک، یعنی رنگ، درخشانی و حرکت آن را آن‌قدر خوب کدگذاری می‌کند که در آزمایشگاه می‌توان تصویری بر اساس الگوی فعالسازی قشری تولید شده بازسازی کنند. آنچه از همه عجیب‌تر است این است که حتی اگر تصویر به صورت نیمه‌خودآگاه ارائه شود این اتفاق رخ می‌دهد. به بیان دیگر، حتی اگر فعالیت قشری تصویر ذهنی خودآگاه تولید نکند، تصویر (حداقل) مدتی در مغز ثبت می‌شود. با فناوری مناسب، این تصویر ثبت شده را می‌توان بازسازی و پخش کرد. پس امروز به معنای واقعی کلمه قادر به مشاهده‌ی ناخودآگاه هستیم.

کل این رودخانه‌ی فعالیت قشری که در اعماق خودآگاه رخ می‌دهد توسط محرک خاصی برانگیخته می‌شود که قادر به دسترسی به داستان خودآگاه است. این امر به خودی خود جالب است و اما ناخودآگاه از نظر پدیدارشناختی و ذهنی خیلی با ذهن خودآگاه متفاوت است. برای تمایز فرایندی از دیگری در مغز چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

راه‌حل تا حد زیادی شبیه چیزی است که باعث گسترش آتش یا داغ شدن توئیت می‌شود. بعضی از پیام‌ها در محیط محلی پخش می‌شوند و آتش‌های خاصی به بخش‌های کوچکی از جنگل محدود می‌شوند. اما گاهی، به دلیل شرایط درونی شیء (محتوای توئیت یا شدت آتش) با شبکه (خیسی زمین یا وقت روز در شبکه‌ی اجتماعی)، آتش و توئیت کل شبکه را می‌گیرند. آنها در پدیده‌ای در حال گسترش چنان شدید پخش می‌شوند که پدیده خود را تغذیه می‌کند. آنها داغ و غیرقابل‌کنترل می‌شوند.

در مغز، وقتی شدت واکنش عصبی به محرک از آستانه‌ی خاصی فراتر می‌رود، حدود ۳۰۰ میلی‌ثانیه بعد از رخداد محرک، موج دوم فعالیت قشری ایجاد می‌شود. این موج دوم فعالیت دیگر به مناطقی از مغز که به ماهیت حسی محرک (قشر بصری برای تصویر یا قشر صوتی برای صدا) مربوط هستند محدود نمیشود، مانند آتشی که در کل مغز گسترش یافته است.

اگر این موج عظیم دوم تقریباً کل مغز را بگیرد، محرک خودآگاه است. در غیر این صورت خودآگاه نیست. فعالیت قشری نشانه‌ای به جا می‌گذارد که نوعی امضای دیجیتال خودآگاهی است که به ما اجازه می‌دهد بدانیم آیا فرد آگاه است یا خیر، می‌توان به ذهنیت آنها دست یافت و محتوای ذهن‌شان را بشناسیم.

این موج فعالیت قشری، که تنها در فرآیندهای خودآگاه ثبت می‌شود:

۱) عظیم است. حالت فعالیت زیاد قشری که در کل مغز پخش می‌شود و گسترش می‌یابد.
۲) همزمان و همگام شده و منسجم است. مغز از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است که فعالیت‌های خاصی انجام می‌دهند. وقتی محرکی به آگاهی می‌رسد، تمام این بخش‌های قشری همگام می‌شوند.
۳) تسهیل‌شده است. مغز چطور می‌تواند حالتی از فعالیت عظیم هماهنگ‌شده را در بین بخش‌هایی که معمولاً به طور مستقل عمل می‌کنند مدیریت کند؟ چه بخشی این کار را انجام می‌دهد؟ پاسخ دوباره مشابه شبکه‌های اجتماعی است. چه چیزی باعث داغ شدن اطلاعات می‌شود؟ در اینترنت شبکه‌ها یا مراکز ترافیکی وجود دارند که به عنوان گسترش‌دهندگان عظیم اطلاعات عمل می کنند برای مثال اگر گوگل به بخشی از اطلاعات خاصی را در جستجو الویت می‌دهد، گسترش آن افزایش می‌یابد.
حداقل سه بخش در مغز هستند که این نقش را ایفا می‌کنند:
(الف) قشر فرونتال، که مانند نوعی برج کنترل عمل می‌کند.
(ب) قشر پاریتال، که مزیت آن تثبیت مسیر پویا است بخش‌های مختلف مغز را تغییر می‌دهد که تا حدی مانند سوئیچ راه‌آهن است که اجازه می‌دهد قطار از مسیری به مسیر دیگر برود.
(ج) تالاموس، که در مرکز مغز و به تمام قشرها متصل است، و مسئول ارتباط دادن همه‌ی آنها به هم است. وقتی تالاموس سرکوب شود، شدیداً ترافیک شبکه‌ی قشری را از هم جدا می‌کند، انگار روزی گوگل بسته شود، و بخش‌های مختلف غشای مغزی نمی‌توانند همزمان عمل کنند، و باعث محو شدن آگاهی می‌شوند.
٤) پیچیده است. قشر فرونتال، قشر پاریتال و تالاموس به عامل‌های مختلف در مغز امکان می‌دهند به شیوه‌ی منسجم عمل کنند. اما فعالیت مغز برای اینکه مؤثر باشد باید چقدر منسجم باشد؟ اگر فعالیت کاملاً ناهماهنگ باشد، ترافیک و جریان اطلاعات بین بخش‌های مختلف غیرممکن می‌شود. از طرف دیگر، در شرایط همزمانی کامل رتبه‌ها و سلسله‌مراتب‌ها در آن از بین می‌روند و بخش‌ها و قسمت‌هایی که می‌توانند عملکردهای خاص را تشخیص دهند شکل نمی‌گیرند. در شرایط فعالیت قشری کاملاً منظم یا آشفته، خودآگاه ناپدید می‌شود. این امر به این معنا است که همزمان شدن باید پیچیدگی و ساختار داخلی متوسط داشته باشد. می‌توان با قیاس بدیهه‌سرایی موسیقیایی آن را درک کنیم، اگر کاملاً نامنظم باشد، نتیجه فقط و سروصدا خواهد بود؛ اگر موسیقی همگون باشد و سازهای موسیقی با هم تفاوت نداشته باشند، غنای موسیقیایی از بین می‌رود. آنچه جالب‌تر است به میزان متوسط بین دو این دو حالت رخ می‌دهد، که در آن بین سازهای مختلف تفاوت هست، اما تا حدی آزادی هم وجود دارد. در مورد آگاهی هم همین اتفاق می‌افتد.

نظریه جولیو تونونی

نظریه ی تونونی با عنوان اطلاعات یکپارچه در بطن پژوهشهای وی قرار دارد. این نظریه بر اساس دو اصل مجزا است که به یک میزان شهودی و علمی هستند. نخست، خودآگاهی آگاهی بخش است. هر لحظه ی بیداری در زندگی شما تقریباً خزانه ی بی انتهایی از تجربیات احتمالی را فراهم میآورد که هر کدام متفاوت از دیگری است. دوم، خودآگاهی یکپارچه است: شما نمیتوانید این اطلاعات را جزء به جزء پردازش کنید. هنگامی که توپ قرمز رنگی را میبینید، نمیتوانید رنگ قرمز را جدا از شکل توپ تجربه کنید. هنگامی که کلمه ای را میشنوید، نمیتوانید صدای آنرا جدا از مفهومش تجربه کنید. بر طبق این نظریه، مغز خودآگاه نسبت به مغز کمتر خودآگاه، هم توانایی بیشتری برای آگاهی بخشی دارد (خزانه ی ژرف تری از تجربیات و محرکها دارد) و هم یکپارچه تر است (ادراکش از این تجربیات یک دست تر است).
مغز را با شهر نیویورک مقایسه کنید: به همان صورت که خودروها از طریق مجموعه ای از خیابانها، پلها، تونلها، و بزرگراهها از محله های شهر گذر میکنند، سیگنالهای الکتریکی از طریق شبکه ای از نورونها مغز را پیمایش میکنند. نظریه ی تونونی چنین پیش بینی میکند که در یک مغز کاملاً خودآگاه، ترافیک یک بخش بر ترافیک بخشهای دیگر تاثیر میگذارد، اما به محض اینکه خودآگاهی ناپدید میشود – برای مثال، در حین خواب یا بیهوشی – این اثرِ موجی کاهش خواهد یافت یا ناپدید خواهد شد.
در سال ۲۰۰۸، تونونی در یکی از چندین آزمایش اثبات کننده ی این اثر، به مغز ۱۰ آزمودنی کاملاً خودآگاه با تفنگ الکترومغناطیسیِ خود پالس وارد کرد – که برای مثال، معادل تزریق سیل تازه ای از خودروها به داخل سوهو است. ترافیک (امواج الکترومغناطیسی) در سرتاسر منتهن (مغز) موج میاندازد: اوضاع در ترایبکا و دهکده گرینویچ و حتی در چلسی به هم میریزد. الکترودهای EEG تونونی، امواج و ارتعاشاتی را که برای هر آزمودنی و برای هر منطقه ای از مغز متفاوت بودند، گیر میاندازند. الگوهای این امواج و ارتعاشات به

پیچیدگی و تنوع ترافیک منهتن در یک روز معین شبیه هستند.
سپس تونونی همان آزمودنیها را تحت بیهوشی قرار داد. به نظر میرسید قبل از آنکه تونونی دوباره با تفنگش پالس وارد کند، ترافیک مغزیِ آزمودنیها به همان اندازه زمان خودآگاهیشان شلوغ بود: خودروها هنوز در سوهو و ترایبکا، دهکده ی گرینویچ و چلسی گشت میزدند. اما پالس اثری کاملاً متفاوت داشت: این دفعه راهبندان ترافیک محدود به سوهو میشد. دیگر هیچ موجی وجود نداشت. تونونی گفت: «به نظر میرسد که انگار [مغز] به تکه هایی شکسته شده است». او این یافته ها را در سال ۲۰۱۰ منتشر کرد، و از آنها برای ثبت حق اختراع «روشی برای ارزیابی هوشبری» نیز استفاده کرد. نظریه تونونی بر مفهوم مشابهی از خودآگاهی به عنوان چیزی بیش از مجموع اجزای تجربی آن وابسته است
مقدار اطلاعات یکپارچه ی درون مغز – کمیّت خودآگاهی – چیزی است که تونونی آنرا فای نامیده است. او معتقد است که میتواند آنرا با ترکیبی از فن آوری TMS–EEG خود و مدلهای ریاضی تقریبی کند. با اینحال، بسیاری از فیلسوفان مشهور و عصب شناسان هنوز دچار تردید هستند. چالمرزفیلسوف، تونونی را برای تلاشهای جسورانه اش به منظور تعیین کمیّت خودآگاهی ستوده است تونونی تصدیق میکند که در عصر علم و پژوهش، نظریه اش هنوز در مراحل اولیه به سر میبرد. او هم اکنون در حال توسعه ماشینی است که پتانسیل پایان دادن به آگاهی از بیهوشی را یکبار برای همیشه داشته باشد. این دستگاه همانند مونیتور BIS از آگاهی بیمار ارزیابی عددی ارائه میدهد، و به اندازه ی کافی ساده و جمع و جور خواهد بود که بتواند به یکی از تجهیزات دائمی اتاقهای عمل تبدیل شود. این دستگاه بر خلاف مونیتور BIS برای استفاده در خارج از اتاق عمل نیز مناسب خواهد بود. در حالی که BIS ریشه در داده های مختص به جراحی دارد، تونونی نظریه جامعی از خودآگاهی را توسعه داده است که با بهسازیهای فنّی مناسب میتواند در هر تعداد از زمینه های پزشکی، علمی، یا اجتماعی به کار گرفته شود.
با آنکه خودآگاهیِ چیره ضروریترین بُعد پژوهش تونونی است، با اینحال توضیح راجع به خودآگاهی در کاملترین و درخشانترین حالت آن او را عمیقاً برمی انگیزد. او در دفتر خود در مدیسون به توضیح دستگاهی فرضی با نام «کولیاسکوپ» پرداخت که قادر است خودآگاهی را به تصویر کشد. درست همانطور که تلسکوپها امواج نوری، و عینکهای حرارتی گرما را به تصویر میکشند. هر چه اطلاعات یکپارچه تر باشند – یعنی، هر چه مغز خودآگاهتر باشد – کولیاسکوپ (Qualiascope) تابش روشنتری دارد. با استفاده از این دستگاه در اتاق عمل قادر خواهید بود تا خودآگاهیِ بیمار را تا رسیدن به پالس کدر رنگ تماشا کنید. اگر بیمار در حین عمل بیدار شود، سوسو زدن دستگاه را خواهید دید.

فرآیندهای زیربناییِ رفتار، شناخت، و حتی خودآگاهی به‌شدت پیمانه‌ای هستند و به‌صورت موازی کار می‌کنند. در این نظریه عقیده بر این است که همانند اکثر دستگاه‌های پیچیده، فرآیندهای موازی در داخل عملیات مغزی جریان دارند و به‌طور پیچیده‌ای یک کارکرد واحد را تولید می‌کنند. در نگاه اول، پردازشِ پیچیده و یکپارچه‌ی ناشی از فوقِ پیمانه‌ای بودن مغز تقریباً مضحک به نظر می‌رسد. موضوع از این بدتر هم می‌شود، درحالی‌که مختل کردن تنها یک عضو از یک دستگاه واقعی (مثلاً یک ساعت)، کارکرد کلی دستگاه را مختل می‌کند، درآوردن بخش‌های زیادی از مغز می‌تواند تأثیر اندکی بر رفتار کل دستگاه (مغز) داشته باشد. برخی از بخش‌های مغز اهمیتی حیاتی دارند و برخی دیگر همانند روکش کیک می‌باشند. جریان از چه قرار است؟

نخست، جهت آماده شدن برای بحث در مورد پیمانه‌ای بودن، در مورد یکی از جالب‌ترین جنبه‌های واقعیتِ زندگی بیماران دوپاره مغز فکر کنید.

همانطور که میدانید دو نیمکره مغز با جسم پینه ای چند سانتیمتری با حدود ۲۰۰ میلیون آکسون بهم وصل شده اند پلی ارتباطی بین دو نیمکره چپ و راست که اطلاعات را بین دو نیمکره مبادله میکند

باز هم تشنج یا صرع سبب کشف داستانی دیگر شد

بدون جسم پینه‌ای نیمکره‌های مغز از یکدیگر مجزا می‌شوند. سال‌ها قبل، برای درمان چند نوع صرع که نسبت به درمان دارویی مقاوم بودند، چند بیمار تحت عمل برش جسم پینه‌ای قرار گرفتند. عمل جراحی‌ای که در آن دو نیمکره‌ی مغز از هم جدا می‌شوند. صرع تا حد معینی،مشکل ارتباطات مغز است که منجر به چرخه‌های فعالیت نورونی می‌شود که از خود تغذیه می‌کنند. این عمل جراحی در مسیر جریانات در مغز اختلال ایجاد می‌کند و روشی غم‌انگیز اما مؤثر برای خاتمه دادن به این چرخه‌ها و همراه با آن صرع است.

چه اتفاقی برای زبان، احساسات و تصمیمات بدنی می‌افتد که توسط دو نیمکره‌ای اداره می‌شود که دیگر با یکدیگر ارتباطی ندارند؟ پاسخ علمی به این سؤال که به ما امکان درک چگونگی توزیع عملکردها در نیمکره‌های مغز را نیز می‌دهد، باعث شد که راجر اسپری – با مشارکت تورستن ویزل و دیوید هیوبل – در سال ۱۹۸۱ جایزه‌ی نوبل را ببرد. اسپری حقیقتی شگفت‌آور را کشف کرد که درست مانند آزمایش لیبت چگونگی درک ما را از ساختار واقعیت و نیز محرک هوشیاری تغییر داد.

کشف بزرگ اسپری درک این بود که چگونه آگاهی ما داستان ایجاد می‌کند.

ذهن آگاه نه‌تنها به‌عنوان پیشرو بلکه به‌عنوان یک مفسر نیز عمل می‌کند. روایتگری که با نگاهی به گذشته، داستانی برای توضیح دادن اعمال غالباً غیرقابل توضیح ما می‌سازد.

داستان از چه قرار است:

پس از جراحی، نیمکره‌ی چپِ این بیماران که مسئول سخن گفتن است، تنها نیمه سمت راست دنیا را می‌بیند (اطلاعات دیداریِ چشم راست را). هنگامی‌که از این بیماران سؤال می‌شود «چه تغییری کرده‌اید؟»، پذیرفتن پاسخ آن‌ها دشوار به نظر می‌رسد. آن‌ها عنوان می‌کنند که تغییری زیادی در آن‌ها ایجاد نشده است. از دیدگاه نیمکره چپ که مسئول سخن گفتن است، همه چیز کم‌وبیش همانند قبل به نظر می‌رسد و تغییری نکرده است. چطور چنین چیزی ممکن است؟ تصور کنید که پس از جراحی مغز به هوش آمده‌اید و تنها نیمه‌ی سمت راستِ دنیا را می‌بینید، آیا می‌توانید بگویید تغییر زیادی را حس نمی‌کنید؟ نخواهید گفت، «آه...آقای دکتر، قبلاً وقتی به بینی شما نگاه می‌کردم، کل صورت شما را می‌دیدم، اما الآن فقط نصف آن را می‌بینیم. جریان از چه قرار است؟!» به‌راستی، چرا نیمکره‌ی چپ فقدان تمامی کارهای که قبلاً از نیمکره‌ی راست انجام می‌داد را احساس نمی‌کند؟ (زمانی که به هم وصل بودند و مغز دوپاره نبود)

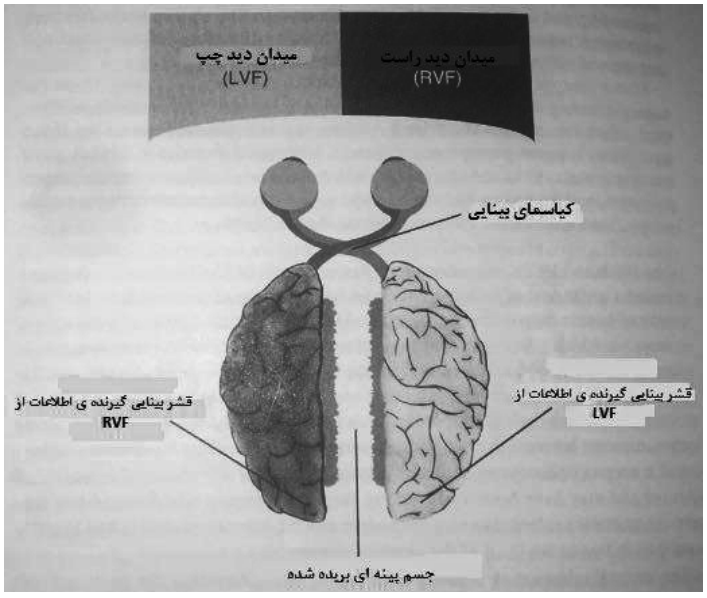
اکنون آزمایش زیر را در نظر بگیرید. تصویری از یک قاشق به داخل میدان دید راست یک بیمار دوپاره مغز تابانده میشود. اطلاعات بصری به نیمکره چپ مغزی شخص میروند. از بیمار خواسته میشود تا بگوید چه چیزی را روی صفحه نمایش میبیند. او درست پاسخ میدهد و میگوید که قاشق دیده است. با اینحال، اگر تصویر قاشق به داخل میدان دید چپ بیمار تابانده شود و از او خواسته شود که بگوید چه چیزی را میبیند، شخص قادر به پاسخگویی نیست. گرچه ممکن است شخص بداند که قاشق دیده است، اما با اینحال نمیتواند این واژه را ادا کند.

در واقع، او میداند که قاشق را دیده است. این مسئله را میتوان با اجازه دادن به فرد برای انتخاب از بین چندین شیء که با استفاده از دست چپش قادر به احساسشان است، نشان داد. ادراک بساوشی توسط دست چپ و حرکت دست چپ تحت کنترل نیمکره راست هستند. از اینرو، اطلاعات بصری که از میدان دید چپ وارد میشوند، توسط مدار مغزی که دست چپ را کنترل میکند به اشتراک گذاشته خواهند شد. اشیایی که شخص در حال لمس کردن آنها است در پشت صفحه نمایش از نظر پنهان شده اند، به این دلیل که اگر فرد در حین انتخاب به آنها نگاه کند، آنگاه هر دو نیمکره به هویت اشیاء دسترسی خواهند داشت.

نوع دیگری از این آزمایش به این صورت است که آزمودنی به صفحه نمایشی نگاه میکند که دو تصویر متفاوت به آن تابانده میشوند؛ یکی به میدان دید راست و یک تصویر متفاوت دیگر به میدان دید چپ. برای مثال، ممکن است تصویر یک قاشق به میدان دید راست تابانده شود، و تصویر یک مداد به میدان دید چپ تابانده شود. سپس به بیمار دوپاره مغز میآموزند که تصویری را که دیده است از بین چندین شیء، که از پشت صفحه نمایش میتواند آنها را با دستانش لمس کند، انتخاب نماید.

همانطور که انتظار میرفت، او قاشقی را با دست راستش و مدادی را با دست چپش انتخاب میکند. با اینحال، وقتی از او پرسیده میشود که چه چیزی دیده است، او فقط میگوید که قاشق دیده است. او نمیتواند بگوید که مداد دیده است، زیرا آن اطلاعات (از میدان دید چپ) تنها به نیمکره راست غیر متکلم رفته اند. در این مرحله، به شخص میآموزید که دستانش را به همراه اشیایی که انتخاب کرده است از پشت صفحه نمایش بیرون بیاورد. هم اکنون نیمکره چپ مداد را میبیند و از وجود آن آگاه میشود. شما میپرسید چرا مداد را با دست چپش انتخاب کرد؛ به این دلیل که قرار بود او فقط شیئی را انتخاب کند که روی صفحه نمایش دیده بود. بیمار در اغلب موارد به جای آنکه بگوید نمیدانم داستان میسازد، احتمالاً چیزی شبیه به «خب، من مداد را برداشتم تا بتوانم از چیزهایی که میخواستم با قاشق بخورم فهرست بگیرم».

واقعاً جالب است! انواع بسیار زیادی از چنین آزمایشاتی وجود دارند که طی آنها، اطلاعات متناقضی به هر دو نیمکره مغزی آزمودنیهای دوپاره مغز ارائه میشوند. واضح است که نیمکره راست کاملاً قادر به تصمیمگیری، قضاوت، و از این قبیل است، اما نمیتواند در مورد آنچه با آن مواجه است صحبت کند. در چنین شرایطی، نیمکره چپ کلامی ممکن است داستانی برای توضیح وضعیت بسازد.



بدون جسم پینه‌ای، اطلاعات موجود در یک نیمکره‌ی مغز نمی‌تواند در دسترس نیمکره‌ی دیگر قرار گیرد. بنابراین، هر نیمکره داستان خود را می‌سازد. اما این دو نسخه توسط یک بدن اجرا می‌شوند. نیمکره‌ی راست تنها سمت چپ دنیا را می‌بیند و نیمه‌ی چپ بدن را کنترل می‌کند و برعکس. علاوه براین، چند نقش شناختی به‌طور منصفانه در هر دو نیمکره قرار گرفته‌اند. موارد نمونه شامل زبان (نیمکره‌ی چپ) و توانایی طراحی و تصور فضایی جسم (نیمکره‌ی راست) هستند. بنابراین اگر به بیماران دارای دو نیمکره‌ی مجزا شیئی در طرف چپ میدان دیدشان نشان داده شود، می‌توانند آن را طراحی کنند اما نمی‌توانند نام آن را بگویند. برعکس، شئ واقع در سمت راست میدان دید آنها با نیمکره‌ی چپ درک می‌شود و از اینرو می‌توانند آن را نام ببرند اما درواقع نمی‌توانند آن را بکشند.

بی‌نهایت فرایند ناهشیاری مغزیِ وجود دارند که آگاهی هشیارانه‌ی دائم و همیشگی (هشیاری و آگاهی که به‌صورت مداوم و بدون وقفه توسط ما تجربه می‌شود) که حاصل نیمکره‌ی چپ است را تولید می‌کنند. در این شرایط، (قطع اتصال دو نیمکره) شما در موردِ این فرایندها فکر نمی‌کنید و فقدان آن‌ها را احساس نمی‌کنید. در حقیقت، مادامی‌که پژوهش در این مورد را دنبال نکنید، اصلاً نمی‌دانید چنین فرآیندهایی وجود دارند. پس از قطع ارتباطِ بین دو نیمکره، اتفاقی که افتاده است این است که تمامی کارهایی که اکنون و قبلاً توسط نیمکره‌ی راست انجام می‌شده است، به رده‌ی فرآیندهای غیرقابل دسترسی می‌پیوندند. این وظایف و فرایندها به دسته‌ای از چیزها

اضافه می‌شوند که شما در مورد آن فکر نمی‌کنید، یا فقدان آن‌ها را حس نمی‌کنید.
این موضوع ما را به‌سوی این دیدگاه هدایت می‌کند که گوی حسیِ مغزِ راست (تمامی چیزهایی که در سمت چپِ فضای بیرون وجود دارند) منحصر و محصور به نیمکره‌ی راست است. یعنی گوی حسیِ مغز راست به پردازشگرهای محلی و جسمانی‌ای وابسته است که بنا بر دانسته‌های ما در درکِ آن بخش از جهان دیداری فعال هستند. پردازش محلی، پردازش بسیار محلی، در مغز حکمرانی می‌کنند و تمامیِ سازمانِ مغز را در برمی‌گیرد. بیشترِ این پردازش‌های محلی در خارج از حیطه‌ی آگاهیِ هشیارانه‌ی ما صورت می‌گیرد. چنین پردازشی پیمانه‌ای، فراگیر و سریع است.

ما ذهن خودآگاه خودمان را به شکل یک چیز یکپارچه تجربه می‌کنیم. چطور ممکن است یک مغز پیمانه‌ای «تخصصی‌شده و محلی‌شده» در ما چنین احساس «یکی‌بودن» را ایجاد کند؟ ما باید چیزهای بسیار زیادی را احساس می‌کردیم که به صورت مجزا و محلی در حال انجام هستند.
خودآگاهی ما فقط نوک قله کوه یخ بزرگ پردازش‌های ناخودآگاه است. زیر سطح خودآگاهی ما، مغز ناخودآگاه ماست که به شدت مشغول کار است. نفس کشیدن، ضربان قلب و تنظیم دمای بدن از کارهای خدماتی هستند که مغز پیوسته در حال انجام آن‌هاست و سعی می‌کند این مکانیسم‌های تعادلی را حفظ کند و تصور این کارها دشوار نیست. اما کارهایی هم هستند که تصور آن‌ها برای ما دشوار است و در پنجاه سال گذشته از چپ و راست کشف می‌شوند و این‌ها فرآیندهای بیشماری هستند که به صورت ناخودآگاه و با ظرافت در حال اجرا هستند. در موردش فکر کنید.

پس چه اتفاقی در حال رخ دادن است؟ چه کسی همه این‌ها را کنترل می‌کند؟ همانطور که قبلاً گفتم گمان می‌رود که مغز بیشتر از اینکه شبیه یک اتومبیل کار کند شبیه ترافیک عمل می‌کند. هیچ کس آن را کنترل نمی‌کند!
این به دلیل یکی از اصول سیستم‌های پیچیده به نام ظهوریافتگی است که توضیح می‌دهد چرا همه این فرآیندهای «تخصصی‌شده و محلی‌شده» منجر به چیزی می‌شوند که به نظر یک ذهن یکپارچه می‌رسد.
کلید درک ظهوریافتگی در درک این مسئله است که سطوح مختلف سازماندهی وجود دارند. تشبیه مناسب در این مورد اتومبیل است. اگر به یک جزء اتومبیل مانند میل‌بادامک نگاه کنید نمی‌توانید پیش‌بینی کنید که بزرگراهها در روزهای چهارشنبه تا جمعه در ساعت پنج بعدازظهر پر از ترافیک است. در حقیقت اگر فقط به پدال ترمز نگاه کنید حتی نمی‌توانید پیش‌بینی کنید که پدیده ترافیک رخ می‌دهد. شما در سطح اجزای اتومبیل نمی‌توانید ترافیک را تحلیل کنید. آیا مخترع چرخ می‌توانست یک پژو ۲۰۶ را در عصر جمعه در تهران تصور کند؟ شما حتی در سطح یک اتومبیل کامل نیز نمی‌توانید ترافیک را تحلیل کنید. شما اگر تعدادی اتومبیل و راننده با متغیرهایی مانند موقعیت،زمان، آب و هوا و اجتماع را داشته باشید در این سطح می‌توانید ترافیک را پیش‌بینی کنید. مجموعه‌ای جدید از قوانین ظهور می‌کنند که با استفاده از فقط اجزا نمی‌شد آن‌ها را پیش‌بینی کرد.
ظهوریافتگی در واقع چگونگی شناخت مغز است. ذره‌های داخل اتم، اتم‌ها، مولکول‌ها، سلول‌ها، نورون‌ها، پیمانه‌ها(ماژولها)، ذهن و مجموعه‌ای از ذهن‌ها(جامعه) همه سطوح مختلف سازمان‌دهی هستند که قوانین مختص به خودشان را دارند که لزوماً توسط ویژگی‌های سطوح پایین‌تر قابل پیش‌بینی نیستند.
ذهن یکپارچه‌ای که ما حضور آن را احساس می‌کنیم از هزاران فرایند سطح پایین‌تری که به صورت موازی در حال اجرا هستند ظهور پیدا می‌کند. بیشتر این فرایندها به قدری خودکار هستند که اصلاً متوجه آن‌ها نمی‌شویم. (ذهن نه‌تنها پایین‌به‌بالا عمل می‌کند بلکه فرآیندهای بالا به پایین نیز روی آن تأثیر می‌گذارند. به بیان دیگر، آنچه شما فکر می‌کنید روی آنچه می‌بینید تأثیر می‌گذارد).
و زمانی که به‌صورت آگاهانه شروع به توضیح اتفاقاتی که در حال رخ دادن است می‌کنیم(یا سعی می‌کنیم این کار را انجام دهیم)، به نتایج بسیار جالبی می‌رسیم. بخشی از مغز ما که به دنبال توضیح می‌گردد و علت‌ها را استنباط می‌کند تبدیل به یک جانور کوچک دمدمی می‌شود.

داستان ذهن چندواحدی یا چند پیمانه‌ای و واحد مفسّر به ما نشان می‌دهد مغز یک «ایستگاه فرمان مرکزی» منطقی ندارد – مغز شما به خوراکی که به آن می‌دهید وابسته است. مفسّر پیوسته در حال داستان‌سرایی در مورد چیزهایی است که در اطراف ما رخ می‌دهد، توصیف‌های علّی در مورد داده‌هایی که به آن داده می‌شود ارائه می‌دهد و با توجه به چیزی که با آن داده می‌شود بهترین نتیجه‌ای را که می‌تواند تولید می‌کند.

این برای عموم مفید است: چندهزار نسل داده، واحدهای مغزی ما را برای درک کافی دنیا به‌منظور بقا و رشد کارآزموده کرده است. کار مغز این است که ژن‌های ما را دست‌به‌دست کند. اما این بدان معنی نیست که در دنیای جدید، مغز همیشه تصمیمات بهینه می‌گیرد. ما باید بدانیم که مغز می‌تواند فریب بخورد؛ بازی داده شود و همیشه نمی‌توان بلافاصله متوجه این مسئله شد. مفسّر یک داستان قابل قبول می‌بافد، این کار مفسّر است.

برای دانشمندان عجیب بود که چرا بریدن بزرگ‌ترین خط ارتباطی در مغز، یعنی جسم پینه‌ای، باعث به وجود آمدن دو آگاهی نسبتاً شبیه به هم می‌شود که در یک بدن و در کنار یکدیگر وجود دارند؟ ناگهان دو مکان هندسی در مغز به وجود می‌آید که هر دو تجربه‌ی آگاهی را ایجاد می‌کنند؟ چگونه یک مدل خطی ساده می‌تواند تنها پس از یک برش ساده‌ی چاقوی جراح، دو سیستم هشیار ایجاد کند که در کنار هم به فعالیت می‌پردازند؟ به‌طور خلاصه، مدل خطیِ ساده که طی آن A باعث تولید B و B باعث تولید C می‌شود، توسط یافته‌های مطالعات انجام‌شده بر روی بیماران دوپاره مغز موردحمایت قرار نگرفته است. به مفاهیم جدید و یا حداقل متفاوتی برای فهمِ واقعیت در مورد پدیده‌های موردمطالعه نیاز بود.که منجر به پیدایش ایده ماژولها یا پیمانه ای گشت.

قبل از ورود به قسمت چهارم آگاهی باید به اطلاع برسانم تمام این قسمتها فرضیاتی است که برای کارکرد مغز توسط دانشمندان بنام در نظر گرفته شده است کدام فرضیه درست است مشخص نیست ولی تنها فرضیه ای که در مقابل دوپاره مغزها کم نمیاورد فرضیه ماژولهاست که اگر حوصله داشتید بارها بخوانید تا متوجه داستان شوید و پوزش از طولانی بودن مطلب چرا که عیناً نقل قول صورت گرفته و هیچ خلاصه سازی و تدوینی صورت نگرفته است و اما بنظر من تشبیه مغز به ساعت و کامپیوتر و تلگراف و تلفن و ... تشبیه درستی نیست فقط برای درک بهتر است وگرنه بنظر من بهترین تشبیه برای مغز فرآیندهای خود سازمانگر طبیعی مانند طوفان است.

تأمل در مورد پیمانه‌ای بودن

پیمانه‌ای بودن محصولِ مغز بزرگ ما است. یکی از اصول عمومیِ سازمان مغز این است که هرچقدر یک ناحیه مغزی بزرگ‌تر باشد، آن ناحیه دارای سلول‌های عصبی بیشتری است. هرچقدر تعداد سلول‌های عصبی یک ناحیه بیشتر باشد، سلول‌های عصبی بیشتری به آن ناحیه متصل هستند. بااین‌وجود، برای تعداد این اتصال‌ها محدودیت وجود دارد. اگر هر سلول عصبی تک‌تک به دیگر سلول‌های متصل می‌بود، قطر مغز ما به بیست کیلومتر می‌رسید. واقعاً کله‌گنده می‌شدیم! در چنین شرایطی، فاصله‌ای که آکسون ها باید در طول مغز طی کنند، سرعت پردازش را به حدی پایین می‌آورد که حرکات ما آهسته، و فرایند تفکر ما کند و احمقانه می‌شد. چنین مغز بزرگ و چاقی، آن‌قدر به انرژی نیاز دارد که برای تأمین آن باید دائم در حال خوردن باشیم. بنابراین، هنگامی‌که مغز ape طی فرگشت بزرگ شد و سلول‌های عصبی آن افزایش یافت، تک‌تک نورون‌های آن به یکدیگر متصل نبودند. این موضوع باعث شد تا درصد اتصال (نورون‌ها به یکدیگر) کاهش یابد.
ازآنجایی‌که با کاهش نسبت اتصال سلول‌های عصبی، ساختار داخلی و الگوهای اتصال تغییر می‌کنند، سطح بالایی از خوشه‌ها به وجود می‌آیند. این خوشه‌ها باعث می‌شوند سیستم کلی نسبت به نارسایی و نقصِ انفرادی مؤلفه‌ها و اتصالات، مقاومت بیشتری داشته باشد. شبکه‌های محلیِ موجود در مغز از سلول‌هایی تشکیل‌شده‌اند که بسیار به یکدیگر متصل هستند. میزان اتصالات بین این سلول‌ها، بسیار بیشتر از اتصال آن‌ها به سلول‌های دیگر (خارج از شبکه‌ی محلی) است. این‌گونه تقسیم‌بندی مدارها به شبکه‌های فراوان، هم باعث کاهش وابستگیِ متقابل شبکه‌ها و هم افزایش قدرت آن‌ها می‌شود. علاوه بر این، این کار انطباق رفتاری را تسهیل می‌کند، زیرا هر شبکه می‌تواند بدون تأثیر بر سایر بخش‌های سیستم، کارکرد مستقل داشته باشد و یا تغییر کند. این شبکه‌های اختصاصیِ محلی که می‌توانند کارکردهای منحصربه‌فرد را انجام دهند و با توجه به تقاضاهای بیرونی (محیطی) فرگشت یابند یا سازگار شوند، پیمانه (ماژول) نامیده می‌شوند.

پیمانه‌ها! پیمانه‌ها! طبیعت در همه‌جا این واژه را بر سر ما فریاد می‌زند. اگر چیزی مفید باشد و از قبل در آنجا وجود داشته و تبدیل به پیمانه شده باشد، طبیعت از آن استفاده می‌کند و به راه خود ادامه می‌دهد.

همان‌گونه که اندی کلارک، فیلسوفِ مشهور دانشگاه ادینبورگ به آن اشاره‌کرده بود، هاد لیپسونا و همکارانش در دانشگاه کورنل نشان دادند که «کنترلِ حرکت انگشت میمون تنها توسط دستگاه عصبیِ او امکان‌پذیر نمی‌شود، بلکه این کار شامل همکاری پیچیده و ضروریِ شبکه‌ای از تاندون‌های متصل‌به‌هم است.»

به‌عبارت‌دیگر، ازآنجایی‌که در سیر فرگشت به‌سوی مهارت و زبردستی بیشتر حرکت می‌کنیم، چرا از اطلاعاتی که از پیش در روابطِ چرخشیِ موجود در تاندون‌های دست وجود دارد استفاده نکنیم؟ در این صورت مغز ما برای انجام فعالیتِ پیچیده‌ی حرکت انفرادیِ انگشتان، نیاز به صادر کردن مجموعه دستورات بسیار ساده‌تری دارد، دستوری که مثلاً می‌گوید « فنجان را بردار».

در غیر این صورت، مغز باید چنین فرمانی صادر می‌کرد « بسیار خب، انگشت شست، با میزان نیروی x به مدت‌زمان y به سمت پایین فشار وارد کن و تو، انگشت وسطی، به اطراف باز شو....» این وضعیت (همکاری تاندون‌ها و مغز) نسبت به زمانی که مغز به‌تنهایی

حرکات انگشتان را هماهنگ کند، «دامنه‌ی جهت‌ها و بزرگیِ نیروهای نوک انگشتان را بسیار گسترش می‌دهد.» در این مورد، کلارک دوست دارد به ما یادآوری کند :» برخلاف تفکر فعلی که کنترلِ آناتومی بدن انسان را منحصراً به دستگاه عصبی نسبت می‌دهد، بخشی از (سازوکارِ) کنترل‌کننده در خودِ آناتومی جای دارد. به‌عبارتی‌دیگر، تنها مغز شما نیست که فرمان نواختنِ اتودِ شوپن (روی پیانو) را می‌دهد، بلکه انگشت‌های شما بخشی از وظیفه را انجام می‌دهند.

طبیعت پس از چند انقلاب، (دوره‌های زمانی) دوباره چرخ را از نو اختراع نمی‌کند به همین ترتیب، نه‌تنها مغز وظایف و دستورالعمل‌های جزئی را پیمانه سازی کرده و از پردازشگرهای مرکزی خود خارج می‌کند، بلکه کلِ دستگاه شناختی شامل مغز در حال فعالیت، بدن، و محیط، برای دستیابی به یک هدف یا انجام یک فعالیت، به دنبال اطلاعاتی می‌روند که در دیگری نهفته است.
بااین‌وجود، پذیرش این دیدگاه خطی و ساده برای مغز که طی آن «پیمانه‌ی A به پیمانه‌ی B می‌رود و B به پیمانه‌ی C می‌رود»، به‌هیچ‌عنوان رضایت‌بخش نیست. اگر چنین دیدگاهی صحت داشت، بدین معنا بود که کابل‌های بسیار زیادی در حال عبور از مغز هستند تا تمامی پیمانه‌ها را به‌روز نگه‌دارند. همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، چنین امری نیازمند مغزی با قطر بیست کیلومتر است.

این دیدگاهِ تقلیل‌گرایانه یِ ساده همچنین نیازمند یک جعبه‌ی نهایی است که در داخل آن نتیجه‌ی فعالیتِ تمامی قطعات به هم می‌پیوندد و در یک نقطه جمع می‌شوند تا خودِ تجربه‌ی آگاهانه (هشیاری) تولید شود. مطالعات پایه در مورد دوپارگی مغز از حدود پنجاه سال پیش به‌شدت این دیدگاه را زیر سؤال برده‌اند.

کار کردن با مفهوم ظهور یافتگی و نتایج آن

می‌توان مفهوم ظهور یافتگی را این‌چنین در نظر گرفت. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که یک سیستم پیچیده‌ی سطحِ خرد تبدیل به ساختار جدیدی می‌شود که دارای ویژگی‌های جدیدی است. این ویژگی‌های جدید قبلاً وجود نداشتند و سطح جدیدیِ از سازمان‌دهی در سطحِ کلان را به وجود می‌آورند.
فیلیپ اندرسون یکی از فیزیکدانان برجسته در دانشگاه پرینستون است. او در دهه‌ی ۷۰ میلادی در مقاله ای معروف عنوان کرد که « یک فرضیه‌ی تقلیل‌گرا، به‌هیچ‌عنوان به معنای یک فرضیه‌ی ساخت‌گرا نیست. توانایی تقلیل همه‌ی امور به قوانین بنیادی به معنای این نیست که می‌توان از این قوانین شروع کرد و جهان را از نو ساخت. (نمی‌توان از قوانین به سمت بالا رفت) در واقع، هرچقدر فیزیکدانان ذرات بنیادی مطالب بیشتری در مورد هویت قوانین بنیادی به ما می‌گویند، به نظر می‌رسد این قوانین ربط کمتری به مشکلات و مشکلات واقعی موجود در علم دارند و ارتباطشان با مشکلات واقعی موجود در جامعه نیز بسیار کمتر می‌شود.»

بااین‌وجود، مفهوم ظهور یافتگی به‌آسانی موردپذیرش قرار نگرفت، خصوصاً دانشمندان علوم اعصاب به‌سختی آن را پذیرفتند. چرا این موضوع این‌قدر دشوار است؟ تقلیل‌گرایانِ سرسخت با پذیرفتن این موضوع که بیش از یک سطحِ سازمان‌دهی وجود دارد مشکل‌دارند، آن‌ها نمی‌پذیرند که لایه‌های مختلف می‌توانند در درک زنجیره‌ی عِلّیِ نحوه‌ی رخ دادن وقایع نقش داشته باشند. حتی اگر آن‌ها (تقلیل‌گرایان سرسخت) این موضوع را بپذیرند، این گزاره که تازگی بنیادیِ ناشی از ظهور یافتگی یک سطح بالاتر نمی‌تواند توسط وقایع سطح پایین‌تر پیش‌بینی شود را نخواهند پذیرفت. (سطوح پایین‌تر نمی‌توانند ویژگی‌های سطوح ظهور یافته‌ی بالاتر را پیش‌بینی کنند)
بااین‌وجود، لایه‌های چندگانه‌ی سازمان‌دهی، خوراک روزانه‌ی فیزیک‌دان‌ها محسوب می‌شود، زیرا هنگام کار کردن با مسائل مربوط به فیزیک کوانتوم، دائماً با این مسائل روبرو می‌شوند. باوجوداینکه هنوز برخی از فیزیکدانان، تقلیل گر سرسخت محسوب می‌شوند، اکثر آن‌ها معتقدند که عناصر موجود در طبیعت ذاتاً غیرقابل‌پیش‌بینی هستند و بنابراین، تنها به‌صورت احتمالی رخ می‌دهند (برخی وقایع با احتمال زیاد و برخی با احتمال کم).
هنگامی‌که در مورد مغز سخن می‌گوییم، همیشه به یاد داشته باشید که اگرچه نیروها و قوانین سلولی، مولکولی، اتمی و الکتریکیِ ساده هنوز در پویایی‌های مغز حاضر هستند و فعالیت می‌کنند؛ بااین‌حال توسط نیروهای پیکربندیِ سازوکارهای سطح بالاتر جایگزین شده‌اند.

در رأس و در مغز انسان، این سازوکارها شامل قابلیت‌های ادراک، شناخت، حافظه، منطق، قضاوت و موارد مشابه است، که روابطِ عملیاتیِ علت معلولی بین آن‌ها در پویایی‌های مغز برابر و یا حتی قوی‌تر از روابط موجود در بین نیروهای شیمیایی درونیِ ضعیف‌تر است.

مفهوم فراروی‌دادگی(تصادفی رویدادن)

مفهوم فراروی‌دادگی را دیوید سون این‌چنین توضیح می‌دهد:» فراروی‌دادگی شاید بدین معنا در نظر گرفته شود که دو رخداد نمی‌توانند از تمامی جنبه‌های فیزیکی مشابه هم باشند، اما در برخی از جنبه‌های روانی با تفاوت داشته باشند، یا به عبارتی، یک شی نمی‌تواند از نظر روانی تغییر کند، بدون اینکه جنبه‌ی فیزیکی آن دست‌نخورده و بدون تغییر باقی بماند.“ افراد دیگری همانند فیلسوف دیوید لویس مثال تصویر نقطه–ماتریس را مطرح نموده‌اند:» یک تصویر نقطه–ماتریس دارای ویژگی‌های کلی است– چنین تصویری متقارن، درهم‌وبرهم و... است. بااین‌وجود، تنها چیزی که در عکس وجود دارد این است که در برخی از نقاط ماتریس، نقطه‌ی سیاه وجود دارد و در برخی از نقاط آن نقطه‌ای وجود ندارد (چیزی که باعث می‌شود تصویر ایجاد شود). ویژگی‌هایی کلی در واقع چیزی جز الگوهای نقاط نیستند. آن‌ها به وجود می‌آیند (روی می‌دهند، برگرفته از فراروی‌دادگی): دو تصویر نمی‌توانند ویژگی‌هایی کلیِ متفاوتی داشته باشند، مگر اینکه جایگاه نقاط موجود بر روی آن‌ها متفاوت باشند.

بنابراین، بحثِ فراروی‌دادگی عنوان می‌کند که بدون تفاوت‌های سطح پایین و محلی، نمی‌توان به تفاوت‌های سطح بالا و کلی رسید. یک فیزیک نگر یا مادی نگرِ معتقد به فراروی‌دادگی عنوان می‌کند که سطوح روانی، اجتماعی، و زیستی مبتنی بر سطوحِ شیمیایی و فیزیکی هستند.

دویل استادِ سیستم‌های دینامیک و کنترل است، حیطه‌ی که شدیداً به ریاضی مربوط است و دارای چالش‌ها و دشواری‌های مهندسی بسیار زیادی است که دامنه‌ی آن‌ها از درک اغتشاش تا درکِ اینترنت متفاوت است. با پس‌زمینه‌ی مهندسی‌ای که دارد، دویل عمیقاً در مورد معماری سیستم‌ها تأمل می‌کند. او درباره‌ی معماری تمامی سیستم‌ها فکر می‌کند. سیستم‌ها چطور به‌منظور آنچه انجام می‌دهند (کارکردشان) سازماندهی‌شده‌اند؟ آیا بین تمامی سیستم‌های پردازش اطلاعات مانند مغز، باکتری، سلول، و ساختارهای شرکتی، یک معماری جهانیِ مشترک وجود دارد؟ وسایل ساخته‌شده توسط انسان دارای یک طرح و معماری مشخص هستند. شاید در دنیای زیست‌شناسی نیز نیروهای انتخابِ طبیعی درنهایت باعث تولید نهادهایی شده‌اند که دارای منطقی (رابطه‌ی علت و معلولی) مشابه با سازمانِ خود هستند. اگر کارکرد کلی، نتیجه‌ی تعامل اعضا با یکدیگر باشد، بنابراین همه‌ی این سیستم‌ها دارای یک معماری شبیه به هم می‌باشند. در بطن پژوهش‌های وی، عدم اعتقاد به مفهوم «ظهور یافتگی» بود، مفهومی که از منظر وی گنگ بود و به‌درستی تعریف‌نشده بود. از دیدگاهِ مهندسی، دویل سعی داشت سطوح توضیح را از دیدگاه محسوسِ طراحی و ساختنِ واقعیِ یک چیز درک کند.(از طریق طراحی و ساخت آن در عالم واقع آن را درک کند) هنگامی‌که یک چیز (سیستم) در عالم واقع ساخته می‌شود و کارکرد خود را به نمایش می‌گذارد، اغلب این‌چنین به نظر می‌رسد که این چیز دارای ویژگی‌های ظهوریافته است، درحالی‌که این‌چنین نیست (دارای خصیصه‌های ظهوریافته نیست). برای درک چنین سیستمی، باید اعضای در حال تعامل آن را در نظر گرفت.

دویل با استفاده از علم کامپیوتر چنین سؤالی را مطرح می‌کند: سیستم‌های فوق‌العاده‌ای توسط ما انسان‌ها برای پردازش اطلاعات خلق‌شده‌اند، چه چیزهایی را می‌توانیم از این سیستم‌ها یاد بگیریم؟ و چگونه می‌توانیم از چنین دانشی برای پاسخ به نحوه‌ی کارکرد مغز استفاده کنیم؟ در علم کامپیوتر، دائماً از «معماری لایه‌ای» سیستم‌هایی که بر روی یکدیگر ساخته می‌شوند صحبت به میان می‌آید. در این نوع معماری، یک لایه از کارکرد، به‌عنوان پلتفرمی برای لایه‌ی بعدیِ کارکرد ایفای نقش می‌کند. در دنیای کامپیوتر هفت لایه مطرح است. بالاترین لایه همان برنامه یا نرم‌افزار مورداستفاده، مانند فیس‌بوک است. پایین‌ترین لایه، یک سخت‌افزار مانند آیفون است. هر لایه، درعین‌حال که در داخل دیگر لایه‌ها ساکن است، به شکل چشم‌گیری مستقل از آن‌ها است. درک این فرمول‌بندی رمز کار است. آیا یک دیدگاه مهندسی می‌تواند به ما کمک کند تا در مورد مشکل یک عصب–زیست شناس فکر کنیم؟ به احتمال زیاد پاسخ مثبت است.

شبکه‌های ذهن/مغز، لایه‌بندی کردن، و مغز

معماری‌های لایه‌ای نوع خاصی از معماری پیمانه‌ای هستند. هر لایه را می‌توان به‌عنوان یک پیمانه در نظر گرفت. همان‌طور که قبلاً عنوان کردم، شواهد زیادی وجود دارند که نشان می‌دهند معماری پیمانه‌ای برای تکامل و رشد انتخاب‌شده است، (از سوی طبیعت) زیرا این معماری به یک پیمانه اجازه می‌دهد بدون خراب کردن سایر پیمانه‌ها، تغییر کند و خود را با شرایط سازگار نماید.
بنابراین، لایه‌بندی نوع خاصی از معماری پیمانه‌ای است که طی آن لایه‌ها (پیمانه‌ها) در یک خط سازمان‌یافته‌اند. لایه‌ی ۱ به لایه ۲، لایه‌ی ۲ به لایه‌ی ۳ و لایه‌ی ۳ به لایه‌ی ٤ می‌روند. مشخص نیست که آیا مغز واقعاً از این معماری استفاده می‌کند یا خیر. در عوض، مغز از یک پیمانه‌ای بودنِ سلسله مراتبی استفاده می‌کند. در این نوع از پیمانه‌ای بودن، پیمانه‌های زیادی در هر یک از مقیاس‌های مختلف وجود دارند (برای مثال در مقیاس نورون‌ها، مدارها، و لُب ها). لایه‌بندی دربردارنده‌ی یک پیکانِ (جهت) یک‌سویه است (از بالا یا پایین به سمت داخلِ لایه‌ها)، درحالی‌که پیمانه‌ای بودنِ سلسله مراتبی امکان مجموعه‌ای از تعامل‌های پیچیده بین پیمانه‌های موجود در داخل یک مقیاس کوچک، و یا پیمانه‌های موجود در مقیاس‌های مختلف را فراهم می‌کند.

چرا لایه‌بندی یک مفهوم مفید است؟

اگر پشتِ یک ساعتِ مکانیکی را باز کنید و به داخل آن نگاه کنید، تعدادی چرخ‌دنده، چرخ و فنر متصل‌به‌هم را خواهید دید. این اجزا در کنار یکدیگر کار می‌کنند تا یک دستگاه وقت نگهدار (ساعت) را به وجود آورند. خود ساعت نمی‌داند که دارد چنین کاری را انجام می‌دهد، اجزای آن هم چیزی در مورد کارکرد ساعت نمی‌دانند. به همین شکل، در مغز ما نیز تک‌تک نورون‌هایی که با یکدیگر کار می‌کنند تا تجربه‌ی هشیاری شخصی ما را رقم بزنند، نمی‌دانند که مشغول انجام چه‌کاری هستند. واضح است که برای درکِ سازوکارهای اجزای متفاوتی که در یک ساعت وجود دارند، باید به نحوی متفاوت فکر کنیم. اینکه بگوییم « این چرخ به این فنر وصل می‌شود و سپس به چرخ بعدی وصل می‌شود»، نتیجه‌ای نخواهد داشت. داستان قدیمیِ «A به B وصل می‌شود و B به C وصل می‌شود» ما را به‌جایی نخواهد رساند.

اکنون از دیدگاهِ لایه‌ها به موضوع نگاه کنید: در مورد ساعت پنج لایه مطرح است. اگر از منظر لایه‌ها به ساعت نگاه کنیم، معماری آن و نحوه‌ی کارکرد تمامی ساعت‌های مکانیکی مشخص می‌شود.

لایه‌های ساعت به‌این‌ترتیب هستند: لایه‌ی انرژی، لایه توزیع، لایه‌ی چرخ دنگ، لایه کنترل، و لایه‌ی نشان‌دهنده‌ی زمان. در ابتدا، یک ساعت برای کار کردن نیاز به انرژی دارد تا فنر داخل خود را فشرده کند. این انرژی باید در جایی ذخیره‌شده، و سپس به‌آرامی آزاد شود. دوم، چرخ‌ها این انرژی را در داخل ساعت توزیع می‌کنند. سوم، سازوکارهای چرخِ دنگِ ساعت جلوی فرار ناگهانی کل انرژی را می‌گیرند. چهارم، سازوکارهای کنترل‌کننده، کارکرد چرخِ دنگ را کنترل می‌کنند. نهایتاً، همه‌ی این‌ها به لایه‌ی پنجم می‌رسند، لایه‌ای که وقت را نشان می‌دهد. دقت داشته باشید که با حرکت در داخل لایه‌ها به سمت بالا، هر لایه نقشِ کارکردیِ لایه‌ی بعدی را پیش‌بینی نمی‌کند. لایه انرژی کاری به لایه‌ی چرخ دنگ ندارد. این موضوع در مورد سایر لایه‌ها نیز صداق می‌کند.

اکنون در نظر داشته باشید که هر لایه انعطاف‌پذیر بوده و تا حدی زیادی مستقل است. در چنین شرایطی، قرار دادنِ یک لایه جدید انرژی (و جایگزین کردن آن با لایه‌ی قبلی) در داخل دستگاه آسان است: می‌توان وزن و جاذبه و یا احتمالاً باتری و موتور را جایگزین فنر نمود، البته درصورتی‌که این جایگزین‌ها با معماری مرکزی دستگاه سازگار باشند. بااین‌وجود، اگر معماری را تغییر دهید، برای مثال از الکترونیک حالت‌جامد استفاده کنید،(برای معماری مرکزی ساعت) در این صورت بیشتر اجزای قدیمی ساعت دیگر به کار شما نمی‌آیند و در معماری جدید کاربردی نخواهند داشت. در معماری جدید، شما بازهم منابع انرژی قابل جایگزین زیادی مانند انرژی خورشیدی خواهید داشت، اما این منابع انرژی نسبت به منابعی که می‌توانند در ساعت مکانیکی جایگزین شوند متفاوت هستند. در معماری جدید دیگر فنر وجود ندارد، وزن و جاذبه هم دیگر نقشی در کارکرد ساعت ندارند. در بالاترین لایه، یعنی لایه‌ی نمایش زمان، می‌توان از

بی‌نهایت رابط کاربری استفاده نمود. تمامی این رابط‌ها نیز مستقل و قابل‌جایگزینی هستند: حتی می‌توان از یک رابط کاربریِ مشابه با ساعت‌های قدیمی (عقربه‌ای) استفاده کرد. بنابراین، با استفاده از لایه‌بندی، تنوع فراوان در قسمت بیرونی، می‌تواند یک هسته‌ی مرکزی مشترک را پنهان کند و یا یک رفتار مشترک می‌تواند به شیوه‌های مختلفی انجام شود. همان‌گونه که دویل می‌گوید :» بدون لایه‌بندی، شما این موضوع را درک نخواهید کرد.» دوباره، بدون وجود لایه‌های سازمان دهنده، توصیفِ نح وه‌ی کار و یا ساختن یک ساعت مکانیکی ساده بسیار دشوار خواهد بود. در طول زمان، همان‌گونه که ساعت‌ساز متوجه شده است کدام‌یک از قطعات بهتر کار می‌کنند، چه سایز و اندازه‌ای بهتر است، از کدام سیستم اهرم‌بندی، چرخ‌ها و فنرها باید استفاده کند، فرایند انتخاب طبیعی نیز برای مغز ما چنین کاری را انجام داده است.

به پایان آمد این دفتر حکایت همچنان باقیست.

و اما حکایت باقی مانده اینست:

تمام این فرضیه ما را به این سؤال ارجاع می‌دهد که: چگونه تمام این ماژولها یا اطاقک‌های ثانویه برای ایجاد وحدت روانی که از آن لذت ببریم بر هم تأثیر متقابل می‌گذارند؟ آیا آنها به‌طور گسترده و با ظرافت رمز برخی از دستورالعمل‌ها را تغییر می‌دهند و یا این چیز دیگری است؟ آیا این بیشتر همانند جامعه‌ای است که تمام ساکنان آن (اطاقکها یا ماژولها) رأی می‌دهند و خارج از آن دموکراسی ظاهر می‌شود و آنهایی را که رأی داده‌اند را به‌ترتیب محدود می‌کند؟

تا بدینجا مطالب متنوعی از آگاهی را برایتان ارائه کردم اما یک سئوال جالب دیگر هم باقیمانده است :

آیا نوزادان دارای آگاهی هستند؟

برای بررسی آن ابتدا بصورت جمع بندی ببینیم آگاهی چه بود.
آگاهی نشانه های زیادی دارد. به طور طبیعی این نشانه ها می توانند با هم ترکیب شوند تا مشخص شود آیا فرد آگاهی دارد یا خیر، ولی بحث راجع به یا علیه مشخص شدن آگاهی بیمار هیچ وقت نمی تواند مشخص و قطعی شود. اگر فعالیتهای لوب پیشانی و تالاموسشان عادی باشد، اگر فعالیت مغزیشان از انسجام متوسطی برخودار باشد، اگر محرکهای مشخص باعث تحریک فعالیتی همزمان شود و بعد از ۳۰۰ میلی ثانیه حجم زیادی از فعالیتهای مغزی را در بر داشته باشد، و به علاوه اگر نشانه ای از تجسم مستقیم و اشکال یادگیری وجود داشته باشد که نیازمند آگاهی است– اگر تمام این شرایط با هم وجود داشته باشند، احتمال زیادی وجود دارد که بیمار از آگاهی برخوردار است. اگر فقط برخی از این شرایط وجود داشته باشند، بنابراین نمی توانیم یقین حاصل کنیم که اینچنین است. همه این ابزارها در کنار هم بهترین ابزاری هستند که امروزه در اختیار داریم و در نتیجه تشخیص های عینی فعالیت آگاهی به دست آمده اند.

برگردیم به سئوال اصلی:

آیا نوزادان دارای آگاهی هستند؟

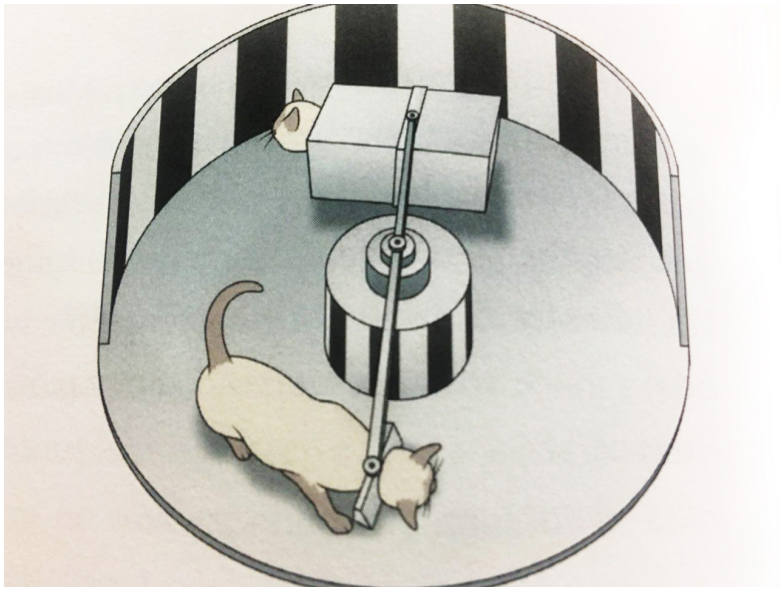
تحقیقات در سایر حوزه های تفکر پنجره ای به سمت دنیای پر رمز و راز افکار نوزادان دارد. آگاهی ، چگونه قبل از اینکه نوزاد بتواند آن را به شکل حالات بدن و کلمات مختصر بیان کند، رشد می یابد؟
نوزادان تازه متولد شده دارای ویژگی تفکر بسیار پیچیده تر و انتزاعی نسبت به چیزی که خودمان تصور می کنیم هستند.نوزادان، قادر هستند مفاهیم عددی و اخلاقی را شکل دهند. ولی چنین شیوه های تفکری می تواند ناآگاهانه باشند و اطلاعات زیادی راجع به تجربه ذهنی در طی رشد به ما ندهند. آیا نوزادان هوشیارانه از آنچه برایشان، در حافظه شان، برای عزیزانشان یا در خصوص ناراحتیشان اتفاق می افتد، آگاه هستند؟
این حوزه جدیدی از تحقیق به شمار می رود. خانم
Ghislaine Dehaene Lambertz، بود که اولین گام را در این حوزه برداشت. راهبرد مورد استفاده ایشان ساده بود؛ و شامل انجام مشاهدتی می شد تا دریافت آیا فعالیت مغز نوزادان دارای نشانه های مغزی، که در بزرگسالان علامت آگاهی بود، می شد یا خیر. این عمل خیلی شبیه به آزمایشی برای دانستن اینکه چگونه، در مغز افراد بزرگسال، فرآیند آگاهی از دیگر فرآیندها تشخیص داده می شود، است.
در پنج ماهگی، به طور عملی اولین مرحله از فعالیت مغزی به وجود می آید. این مرحله باعث کدبندی محرکها، بدون در نظر داشتن اینکه به حوزه آگاهی وارد می شوند یا خیر، می شود. در این زمان، قشر بصری قادر به تشخیص چهره ها است و اینکار را به شیوه ها ی مشابه با افراد بالغ انجام می دهد.
دومین موج، که منحصر به درک آگاهی است، در طی رشد تغییر می یابد. آگاهی در یک سالگی عملا کامل می شود و فرمهای مشابهی همانند افراد بزرگسال دارد مگر با یک استثنای آشکار: خیلی کندتر است.
به جای تشخیص چهره در ۳۰۰ میلی ثانیه، در عوض یک ثانیه بعد از اینکه نوزاد چهره را می بیند از خود واکنش نشان می دهد، مثل اینکه فیلم دیدن نوزادان دارای اندکی تاخیر باشد، دقیقا مثل زمان تماشای بازی با تاخیر است که همسایه مان، قبل از اینکه چیزی ببینیم، فریاد می زند «گل».

چنین تاخیری در نوزاد پنج ماهه راجع به واکنش نشان دادن خیلی اغراق آمیزتر جلوه داده شده است.
نوزادان خیلی پیشتر از توسعه قدرت تکلم، پیش از چهار دست پا رفتن، وقتی که به ندرت می توانند روی پاهای خود بایستند، دارای

فعالیتهای مغزی هستند که به معنی واکنشهای ناگهانی و گسترده در مغز، حتی بعد از اینکه محرک از بین می رود، است.
این بهترین مدرکی است که بیان می دارند نوزادان دارای آگاهی از جهان بصری هستند. یقینا این آگاهی به تصاویر ختم نمی شود، و شاید بیشتر گیج کننده، آهسته تر و تامل برانگیزتر باشد، ولی با این وجود آگاهی به شمار می رود. یا حداقل این چیزی است که مغز نوزادان به ما می گوید.
این اولین تقریب در علم به جهت مسیریابی قلمروی ناشناخته از پیش فرگشت یافته است: افکار ذهنی نوزادان.
این چیزی نیست که آنها قادر به انجام آن، واکنش به آن، دیدن و یا به خاطر آوری آن هستند می شود، بلکه چیزی است که خصوصی تر و مبهم است، چیزی که از طریق افکار آگاهانه خود قادر به درکش هستند.
تصمیم گیری در خصوص وضعیت آگاهی نوزاد و یا شخص در وضعیت نباتی دیگر صِرف بینشی تعمقی محسوب نمی شود. امروزه ابزارهایی در اختیار داریم که به ما اجازه می دهد–زنده و مستقیم– به درون کارخانه افکار راه یابیم. این ابزارها به ما امکان حل یکی از موانع سحرآمیز و مبهم تنهایی را می دهد.
امروزه اطلاعات کمی راجع به مسایل نهفته در آگاهی، مسئله ای همانند فیزیک گرما در گذشته، در اختیار داریم. اما چیزی که از همه بیشتر شگفت آور است این است که برخلاف این همه چشم پوشی، قادریم آگاهی را دستخوش تغییر کنیم: خاموش و روشن کردن آن، خواندن و شناختن آن.

در مورد آگاهی نوزادان بینا و کور مادرزادپرسشی شد که برای پاسخ آن باید بگویم همانطور که در مطلب ارائه شده اشاره شد شکل گیری آگاهی نوزادان با درک بینایی مشخص شده نه خود بینایی بنابراین تعمیم این شروع آگاهی البته با سرعتی کمتر از بزرگسالان در یکسالگی به افراد نابینا نیز میتواند صورت گیرد همانطور که قبلاً هم اشاره کردم بخش حسی و ادراک در مغز کنار هم و پشت بخش حرکتی هستند (اشکال مربوط به قلقلک) قطعاً حسهای لامسه و شنوایی و سایر حسها در نابینایان مادرزاد برای جبران حس بینایی بیشتر فعال خواهند شد و قوه ادراک و شکل گیری آگاهی توسط حسهای دیگر صورت میپذیرد ولی چیزی که مهم بود زمان شکل گیری آگاهی بود که در افراد بینا توسط خانم Ghislaine Dehaene lambertz، صورت گرفت ،اما مساله مهم اینستکه درک بینایی بخش بسیار کوچکیش به نور وارد شده بستگی دارد برای فهم بهتر به مورد زیر توجه کنید.

در ٥٤ سال پیش ریچارد هلد Held و آلن هین Hein، دو محقق در موسسهٔ فناوری ماساچوست (MIT)، دو بچه گربه را در یک استوانه با نوارهای راهراه عمودی در اطراف آن قرار دادند. هر دو بچه گربه از طریق حرکت کردن در استوانه، ورودی بصری دریافت میکردند، اما تفاوت مهمی در تجربهٔ آنها وجود داشت: بچه گربهٔ اول خودش راه میرفت، در حالی که بچه گربهٔ دوم سوار یک گوندولای متصل به یک محور مرکزی بود. به دلیل این وضع، هر دو بچه گربه دقیقا یک چیز را دیدند: راهراهها در یک زمان و با یک سرعت برای هر دو حرکت میکردند. اگر دیدن فقط به فوتونهای برخوردکننده به چشم وابسته باشد، سیستم بصری آنها باید مثل هم رشد کند. اما در اینجا نتیجهٔ تعجب آوری حاصل شد: تنها بچه گربه ای که از بدن خودش برای حرکت استفاده میکرد، به بینایی طبیعی رسید. بچه گربهٔ سوار بر گوندولا هرگز یاد نگرفت به درستی ببیند. سیستم بینایی او هرگز به رشد طبیعی نرسید.



(در داخل یک استوانه با راهراههای عمودی، یک بچه گربه راه میرفت، در حالی که دیگری حمل میشد. هر دو دقیقا ورودی بصری یکسانی دریافت میکردند، اما تنها بچه گربه ای که خودش راه میرفت، یعنی بچه گربه ای که میتوانست حرکات خودش را با تغییرات ورودی بصری تطابق دهد، یاد گرفت به درستی ببیند.)

بینایی تنها وابسته به فوتونهایی نیست که میتوانند به آسانی توسط قشر بینایی ترجمه شوند. در عوض، تجربه ای شامل تمام بدن است. سیگنالهایی که به مغز میآیند، تنها میتوانند با تمرین درک شوند، که به ارجاعات متقابل سیگنالها با اطلاعاتی از کارها و پیامدهای حسی ما نیاز دارند. این تنها راهی است که مغز ما میتواند معنای واقعی داده های بصری را ترجمه کند. اگر از بدو تولد، نمیتوانستید با جهان به طریقی تعامل داشته باشید و از بازخورد معنای اطلاعات حسی، کارهایتان را انجام دهید، از لحاظ نظری، هرگز قادر به دیدن نمی بودید.

نابینایان حتی زمانی‌که اطلاعات بصری با روشی غیرعادی به آنها داده شود می‌توانند اشیاء را ببینند.

جالب است که نابینایان می‌توانند اشیاء را تفسیر کنند و همچنین قادر هستند اندازهَ افزایشی اشیایی را که در حال نزدیک شدن به آنها هستند را تجربه کنند، مثلاً با مجموعه‌ای از ضربات کوچک بر روی زبان یا پیشانی . برای وارد کردن اطلاعات بصری به مغز ٤ راه از طریق مجراهای حسی غیرعادی وجود دارد. این مجراها عبارتند از: کمر، گوش‌ها، پیشانی و زبان. یک نمونه از آخرین مجرا (زبان) ابزاری به اندازهَ تمبر پستی به نام برین پورت (Brain Port مدخل مغز) است که با انجام شوک‌های الکتریکی کوچک بر روی زبان و

از طریق شبکهَ کوچکی که روی زبان قرار می‌گیرد کار می‌کند. یک فرد نابینا عینکی که دوربین کوچکی بر روی آن تعبیه شده است بر چشم می‌زند. پیکسل‌های دوربین به پالس‌های الکتریکی بر روی زبان تبدیل می‌شوند و فرد در این‌حال صدایی مانند صدای فش فش نوشیدنی حاوی کربوهیدرات روی زبان احساس می‌کند.

نابینایان می‌توانند در استفاده از برین پورت به خوبی مهارت پیدا کنند، از مسیرهای مانع‌دار عبور کنند و نیز می‌توانند یک توپ را داخل سبد پرتاب کنند. یک ورزشکار نابینا به نام اریک وین مایر از برین پورت برای صخره نوردی استفاده کرد و با الگوهای قرارگرفته بر روی زبان موقعیت تخته‌سنگها و شکاف‌ها را ارزیابی کرد. اگر از نظر شما «دیدن» از راه زبان دیوانه‌وار است ولی به خاطر داشته باشید که دیدن چیزی نیست مگر سیگنال‌های الکتریکی که در تاریکی جمجمهَ شما جریان می‌یابند. این عمل به طور معمول از طریق عصب‌های بینایی اتفاق می‌افتد ولی دلیلی که نشان دهد اطلاعات نمی‌توانند از طریق عصب‌های دیگری جریان یابند وجود ندارد.

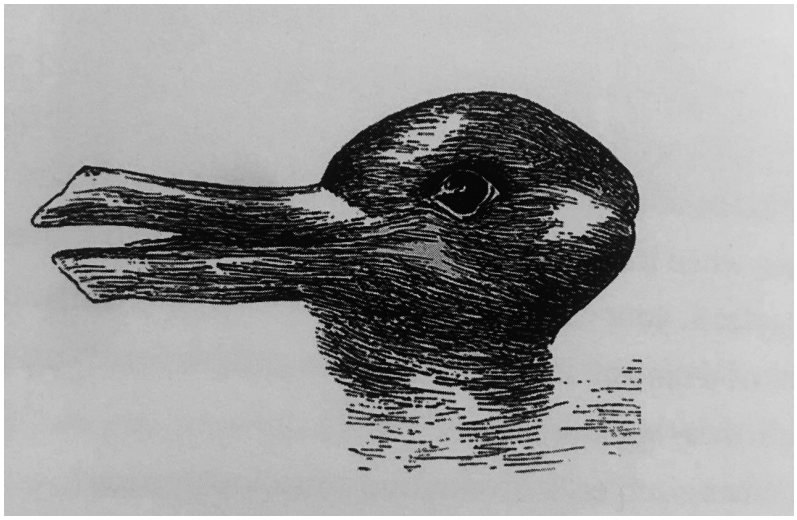
شاید باورش سخت باشد ولی مغز میداند که با اطلاعات ورودی چکار کند و چگونه آنهاراپردازش کند بسته به الگوهایی که دارند.

گاهی اوقات این مطالعات به ما میگویند که نواحی مختلف مغزی چه کارهایی انجام میدهند. این مطالعات خیالبافانه تر هم میشوند و در سایه وضوح زمانی رو به رشد تصویرشناختی عصبی که از «این محرک نواحیA,B,C مغز را فعال میکنند» به «این محرک هر دو ناحیه A و B و در ادامه C را فعال میکند و C هم تنها به شرط فعال شدن B، فعال میشود» در حال گذر هستند، به ما درباره مدارها میگویند. دانستن این که کدام نواحی/مدارهای خاص چه کار میکنند با ظریفتر شدن مطالعات سختتر هم میشود. برای نمونه، ناحیه مخروطی Fusiform Face Area تشخیص چهره مغز را در نظر بگیرید.، این ناحیه ناحیه ای از مغز است که به چهره انسانها و سایر پستانداران واکنش نشان میدهد. ما پستانداران قطعا مخلوقاتی اجتماعی هستیم.

اما مطالعه ایزابل گاتیر (Isabel Gauthier) از دانشگاه واندربیلت (Vanderbilt) موضوعی پیچیده تری را نشان میدهد. اگر تصاویر ماشینهای مختلف را نشان دهید، ناحیه مخروطی طرفداران پروپاقرص ماشینها فعال میشود. اگر تصاویر پرندگان به نمایش درآید، همان وضعیت در پرنده نگاران اتفاق میافتد. ناحیه مخروطی فقط به صورت مربوط نیست بلکه، مربوط به شناسایی نمونه های اشیاء از طبقاتی است که برای هر فردی نوعی برجستگی هیجانی دارد.

در نتیجه، مطالعه رفتار برای درک ماهیت مغز مفید به فایده است ولی اینکه رفتار A ناشی از کوپل شدن نواحی مغزی X و Y است، اصلا جذابیتی ندارد. در برخی از موارد، مطالعه مغز برای درک ماهیت رفتار مفید به فایده است و اینکه ناحیه A مغز نقش مرکزی را درهر دو رفتار X و Y دارد اصلا جذابیتی ندارد.

بیایید یک لحظه درباره مسئله شخصی، این تجربه ذهنی و درونی فکر کنیم: چیزی که تنها در درون سر هر فرد است. به عنوان مثال وقتی من وقتی مشغول تماشای طلوع خورشید هستم یک هلو را گاز می زنم، شما نمی توانید درک کنید که در درون خودم دقیقا چه احساسی دارم. صرفا می توانید براساس تجربیاتی که خودتان از پیش داشته اید حدس هایی بزنید. تجربه آگاهی من مختص خود من است و مال شما مخصوص شماست. لذا چه طور می توان این تجربه منحصر به فرد را با روش های علمی مطالعه کرد؟ در چند دهه اخیر محققان کارهایی برای نشان دادن «همبستگی عصبی» مربوط به آگاهی انجام داده اند که عبارتست از الگوهای دقیق فعالیت مغزی که در هر لحظه که شخص یک تجربه ویژه را از سر می گذراند وجود دارند و صرفا زمانی که افراد این تجربه ویژه را پشت سر می گذارند ظاهر می شوند. تصویر مبهم زیر از اردک/خرگوش را در نظر بگیرید.



ویژگی جالب این تصویر این است که شما در هر لحظه فقط یک چیز از این تصویر دریافت می کنید و نمی توانید به طور همزمان هم خرگوش ببینید و هم اردک/ لذا وقتی دارید خرگوش را در تصویر تشخیص می دهید، علائم فعالیت در مغز شما چه اندازه دقیق اند؟ وقتی به تصویر اردک بازمی گردید، مغز شما چه کار متفاوتی انجام می دهد؟ هیچ چیز بر روی صفحه تغییر نکرده، لذا تنها چیزی که تغییر کرده باید جزییات فعالیت مغزی باشد که منجر به شکل گیری تجربه آگاه شما می شود.

حالا تصویر زیر را ببینید خانم جوانی که به دوردست مینگرد یا زن پیری که به پایین نگاه میکند؟

این تغییر ادراکی با توجه به اینکه هیچ چیز در صفحه تغییر نمیکند نشان از چیست؟ نورون هاخودشان مسئول تغییر ادراکی نیستند، در عوض در یک هماهنگی با میلیاردها نورون دیگر شرکت می کنند، بنابراین تغییراتی که ما می توانیم شاهدشان باشیم تنها انعکاسی از یک تغییر الگو است که در وسعت عظیمی از قلمرو مغز ایجاد می شود. زمانی که در مغز یک الگو در برابر دیگری به پیروزی می رسد، یک تصمیم گرفته شده است. مغز شما در هر روز از زندگی تان هزاران تصمیم می گیرد و تجربه شما از جهان را تحمیل می کند. از تصمیم گیری در مورد این که چه بپوشم، با چه کسی تماس بگیرم، چگونه یک نظر بداهه را تفسیر کنم، آیا به یک ایمیل پاسخ دهم. در هر زمان، این تصمیم گیری ها زمینه ساز هر عمل و اندیشه ماست. این که شما چه کسی هستید، از جنگ های گسترده مغزی برای سلطه خشم در جمجمه شما در هر لحظه ای از زندگی تان پدیدار می شود. بعد از همه این ها، این چیزی است که هر تصمیمی در تاریخچه گونه ما به نظر می رسد. هر درخواست ازدواجی، هر اعلام جنگی، هر جهشی از تخیل، هر ماموریت انجام شده در مورد ناشناخته ها، هر عمل مهربانانه، هر دروغی، هر موفقیتی در سرخوشی، هر لحظه تعیین کننده ای، دقیقا همینجا، در تاریکی جمجمه اتفاق می افتد و از الگوهای فعالیت شبکه هایی از سلول های بیولوژیکی پدیدار می شود.

مغز ماشینی است که از تضاد ساخته شده است.

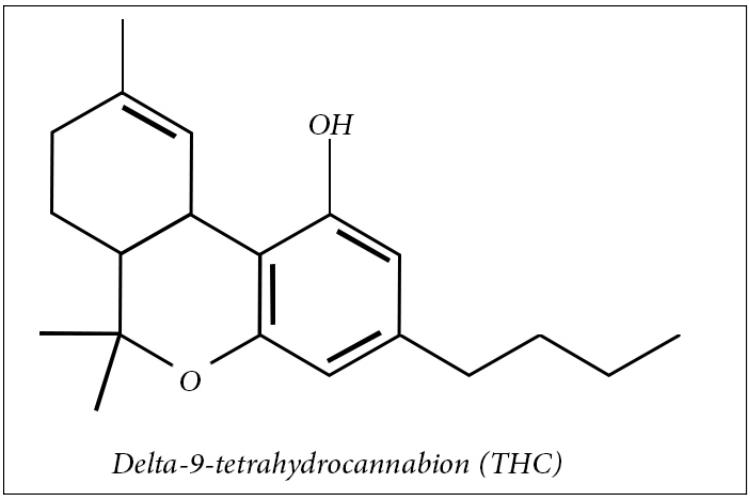
فصل پنجم

مواد مخدر

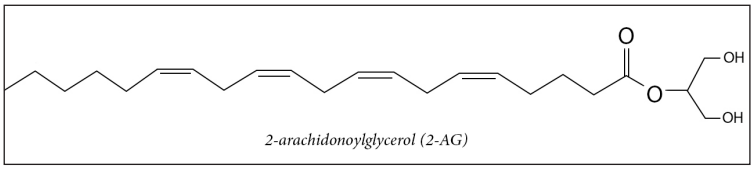
چرا سلول‌های عصبی مغز انسان برای گیاهی که در جنوب آسیا رشد می‌کند گیرندهٔ مخصوصی دارند؟ عجیب است که مغز انسان برای تشخیص مواد مخدری مکانیزم دارد که تا قرن‌ها فقط در نقاط خاصی از سیاره رشد می‌کرده است. آیا این سیستم برای کسانی که ماری‌جوانا مصرف نمی‌کنند استفاده‌ای ندارد؟ آیا تا هنگامی که ماری‌جوانا محبوبیت پیدا کرد، این گیرنده‌ها که اینقدر در مغز برجسته هستند، بی استفاده مانده بودند؟

جواب منفی است. سیستم کانابینوئید، صرف نظر از اینکه علف استعمال می‌کنیم یا نه، قطعهٔ نظارتی کلیدی‌ای از مغز همهٔ ما است. جواب این معما این است که بدن نسخهٔ ماری‌جوانای خود را تولید می‌کند.

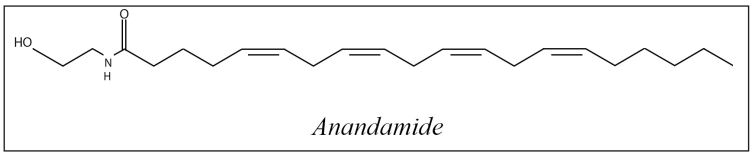
در سال ۱۹۹۲ تقریباً سی سال پس از کشف THC کشف بزرگی صورت گرفت: ترکیبی درونی که بدن به طور طبیعی تولید می‌کند و همان اثر گیاه شاه‌دانه را دارد. این ترکیب آناندامید نامیده شد،چرا که آمیدی (ترکیب شیمیایی) است که آناندا تولید می‌کند. آناندا در زبان سانسکریت به برکت و سعادت اشاره دارد.



Delta-9-tetrahydrocannabion (THC)



2-arachidonoylglycerol (2-AG)



Anandamide

این یعنی هر یک از ما، در سکوت مات و مأنوس فیزیولوژی خود، ماری‌جوانا تولید می‌کنیم. فعال سازی گیرنده‌های کانابینوئید با مصرف ماری‌جوانا بسیار بیشتر از چیزی است که به طور طبیعی توسط آناندامید تولید می‌شود. این امر تقریباً در مورد همهٔ مواد مخدر صادق است. اندورفینها (کلمه‌ای که برگرفته از کلمات «درونی» و «مورفین» است ، مورفین درونی) که به طور معمول در بدن خود تولید می‌کنیم – به عنوان مثال، هنگام دویدن – گیرنده‌های مواد مخدر ما را بسیار، بسیار کمتر از مورفینی که در هروئین وجود دارد فعال می‌کنند.

این تمایز کلیدی است. در بسیاری از موارد، تفاوت اساسی بین دو ترکیب در مکانیسم عمل آن‌ها نیست بلکه در میزان مصرف است.

گیرنده‌های شاه‌دانهٔ CB۱ در سراسر مغز یافت می‌شوند. این امر آن‌ها را از گیرنده‌های دوپامین (برای کوکائین) که فقط در قسمت‌های خاصی از مغز هستند متمایز می‌کند. این یعنی بعد از مصرف ماری‌جوانا، بسیاری از سلول‌های عصبی در مناطق مختلف مغزی کارکرد خود را تغییر می‌دهند. امروزه در مورد برخی جنبه‌های بیوشیمیایی شاه‌دانه اطلاعات دقیقی در درست داریم. برای مثال، برخی نورون‌ها که با عنوان POMC شناخته می‌شوند، و در هیپوتالاموس وجود دارند، هورمونی تولید می‌کنند که سیری را تنظیم می‌کند و اشتها را کاهش می‌دهد. اما هنگامی که گیرنده CB۱ فعال است تغییر ساختاری‌ای را در نورون ایجاد می‌کند که باعث تولید هورمونی می‌شودکه اثر عکس دارد و اشتها را افزایش می‌دهد. نگاهی بیوشیمیایی و از نزدیک به کارخانهٔ تولید هورمون مغز این اثر را که برای مصرف کنندگان علف آشنا است توضیح می‌دهد: کره کردن، گرسنگی شدیدی که هر چقدر هم بخورند کم نمی‌شود.

به شکل مولکولهای THC و AG۲ و آناندامید توجه کنید.

همانطور که در شکلها میبینید اگرچه ساختار شیمیایی AG۲ و انانداميد با THC شبیه نیستند، یعنی ساختار آن‌ها ارتباط مستقیمی با THC ندارد، اما به مجموعه آن‌ها شبه حشیش های درونی گفته می‌شود. البته، مولکول‌های آناندامید و AG۲ باید به‌صورت سه بعدی خم شوند تا ظاهر مشابهی با بخشی از مولکول‌های THC داشته باشند، و همگی بتوانند به‌عنوان آگونیست ها ها در یک گیرنده عمل کنند، زیرا مانند قرار دادن کلید در قفل، مهم ترین عامل تعامل آگونیست با گیرنده، شکل ظاهری است.

مخدر **Psilocybin** که ساختار شیمیایی بسیار نزدیک به ساختار شیمیایی سروتونین دارد شیوه سازمان دهی فعالیت عصبی در فضا و زمان را تغییر می دهد. مغز به صورت خودکار سلسله ای از حالت ها را شکل می دهد. در هر یک از آنها گروهی از نورون ها فعال می شوند و بعداً برای ایجاد فضا برای نورون های جدید غیرفعال می شوند، درست مثل ابرهای متحرک که شکلی خاص را ایجاد می کنند و سپس از بین می روند و شکلی جدید ایجاد می کنند. در این تشبیه، هر گروهِ ابری که شکلی خاص دارند، با حالت مغزی مشابه هستند. جایگزینی حالت های مغزی نشان دهنده سیال بودن آگاهی است. مغز تحت تأثیر سیلوسیبین ،تعداد بیشتری از حالت ها را تجربه می کند، درست مثل ابرها که با وزش باد با سرعت بیشتری به اشکال مختلف در می آیند.

همچنین تعداد حالت ها نشانه ای از هوشیاری است. در جریان ناهوشیار بودن، مثل خواب عمیق یا بیهوشی، مغز به شکلی بسیار ساده، با چند شکل معدود، تغییر وضعیت می دهد. زمانی که هوشیاری دوباره باز می گردد، تعداد حالت ها افزایش پیدا می کند و با مصرف سیلوسیبین این حالت ها نیز بیشتر می شود. مثال ابرها از دیدگاه مغزی نشان می دهد که چرا بسیاری از افرادی که ال.اس.دی و قارچ های روان گردان مصرف می کنند، حس افزایش هوشیاری دارند.

پس از مصرف ال.اس.دی بسیاری از افراد حالتی را بیان کرده اند که تحت عنوان سلسله شناخته می شود، که در این حالت واقعیت مثل مجموعه ای از تصاویر ثابت درک می شود که پشت سر هم پخش می شوند. بنابراین، با مصرف قارچ های روان گردان، درهای ادراک، علاوه بر بخش ورودی آن، تکه تکه می شوند. وقتی حقیقت آشکار می شود ثابت می شود که واقعیتی که آن را درک می کنیم، سلسله ای از تصاویر است که یکی پس از دیگری پخش می شوند، در جریان ادارک عادی، واقعیت متوالی و نه از هم گسیخته فرض می شود. ولی این فرضیه توهمی بیش نیست. همانطور که قبلاً بیان کردیم، ماهیت از هم گسیخته ادراک عادی، کمی در مسابقه ماشین سواری بر ملا می شود. در این مسابقه بارها پیش می آید که حس می کنیم که چرخ های ماشین به سمت عقب می چرخند. این پدیده در دنیای فیلم و تلویزیون مشهور است و مربوط به وقفه های تصویربرداری است که برای بیان واقعیت از آن وقفه ها استفاده می شود. تصور کنید که ۱۷ میلی ثانیه طول می کشد تا آن چرخ یک دور بچرخد، آن دوربین تصویربرداری نیز در هر ١٦ میلی ثانیه یک تصویر ثبت می کند. در هنگام ثبت فریم اول و فریم دوم، چرخ تقریباً یک دور کامل زده است، بنابراین به نظر می رسد که در هر یک از وقفه های بعدی، چرخ کمی به عقب می چرخد. نکته خارق العاده در ارتباط با آنچه اتفاق می افتد این است، که این توهم ناشی از صفحه تلویزیون نیست، بلکه ناشی از عملکرد مغزی ماست. این توهم بیانگر این نکته است که هم چون فیلم ها، ما نیز فریم های جدای از همی را تولید می کنیم که بعدها با توهم متصل بودن تصاویر به هم آنها را به هم وصل می کنیم. ادارک همیشه از هم گسیخته است، ولی فقط تحت تأثیر مخدری مثل سیلوسیبین، این از هم گسیختگی عیان می شود. انگار که واقعیت را از پشت پرده می بینیم.

مخدری بنام آیاهوآسکا Ayahuasca

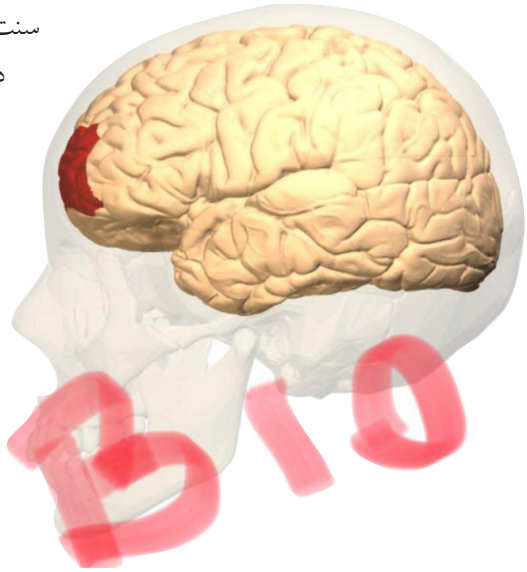
DMT (اِن، اِن-دی‌متیل‌تریپتامین)به وفور در طبیعت یافت می‌شود؛ این ماده در بسیاری از گیاهان مختلف و همچنین در بدن انسان شناسایی شده است. افراد قبیله ای ساکن جنگل آمازون آمریکای جنوبی، از چندین گیاه حاوی DMT به خاطر اثرات درمانی قدرتمندشان استفاده می‌کنند. یک شیوه آمازونی، گیاه حاوی DMT (معمولا Psychotria Viridis) را با گیاه دیگری(Banisteriopsis Caapi Vine، روح تاک) ترکیب می‌کند که وجود آن اثرات DMT را تقویت می‌کند. ترکیب این دو گیاه پخته می‌شود تا مخلوط غلیظی به دست آید که بانام آیاهواسکا و برخی نام‌های دیگر مانند yagé شناخته می‌شود.

مشهورترین معجون در جهان آمازون آیاهواسکا است. به صورت چایی سرو می‌شود که از ترکیب دو گیاه آماده شده است، آیاهواسکا ادراک را اساساً تغییر می‌دهد و خلسهٔ شدید القا می‌کند: تشکل‌هایی در سیستم‌های لذت و انگیزه. البته که جریان، سازماندهی و لنگرگاه آگاهی را نیز تغییر می‌دهد.

از بین تمام تغییرات ادراکی‌ای که آیاهواسکا تولید می‌کند، فوق العاده‌ترین آن‌ها توهم‌های بسیار واضحی هستند به نام (رؤیا) .آن‌ها سازه‌های بسیار بصری‌ای هستند که توسط تخیل ساخته می‌شوند.

تحت تأثیر آیاهواسکا، وضوح تخیل با وضوح بینایی یکسان است. این امر چگونه در مغز تحقق پیدا می‌کند؟

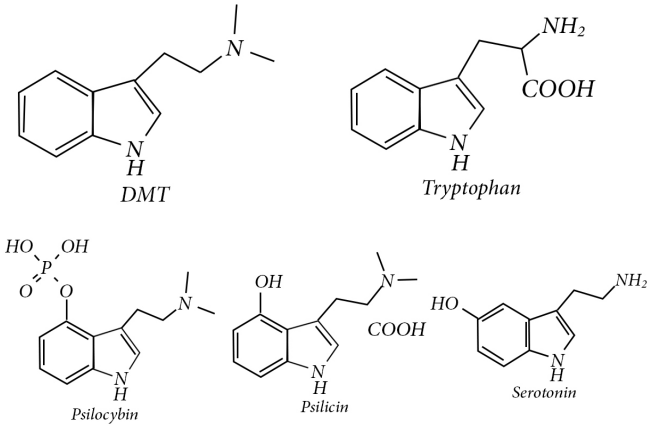
درائولیو آروجو ، که به سفر در جنگل‌ها و مرداب‌ها عادت داشت، آزمایشی منحصر به فرد انجام داد که سنت‌های اجدادی منطقهٔ آمازون و پیچیده‌ترین توسعه‌های فناوری را ادغام کرد.



درائولیو کارشناسان استفاده از این معجون، یعنی شَمَن‌ها را به اتاق‌های مدرن و ضدعفونی شدهٔ بیمارستان‌هایی در ریبرائو پرتو برد تا بتوانند مواد مخدر را مصرف کنند و سپس وارد اتاق تشدید کننده بشوند تا رؤیاهایشان کاملاً کنترل را به دست بگیرند.

شمن‌های متخصص آنجا در خلوت تشدید کننده‌ها، توهم دیدند و سپس در مورد شدت و نوسانات توهماتشان گزارش دادند. سپس آن‌ها آزمایش را بدون اثرات مواد مخدر تکرار کردند، زمانی که تخیل به صورت بسیار رام‌تری بیان می‌شد.

هنگامی که تصویری را می‌بینیم، اطلاعات از چشم‌ها به تالاموس، سپس به قشر بینایی و از آنجا به تشکیل خاطرات و قشر پیشانی سفر می‌کنند.



با آیاهواسکا، قشر بینایی نه با چشم بلکه با جهان درونی تغذیه می‌شود. این واژگونی جریان اطلاعات زیربنای توهمات است.
در طول یک توهم روانگردان، چرخه در قشر پیشانی مغز آغاز می‌شود و از آنجا از حافظه تغذیه می‌شود تا به عقب و قشر بینایی جریان پیدا کند. تحول شیمیایی مغز – از طریق مکانیسم‌هایی که هنوز کشفشان نکرده‌ایم – به طرحی از حافظه در قشر بینایی منجر می‌شود، گویی تجربهٔ حسی‌ای را که آن خاطرات را ایجاد کرده بود بازسازی می‌کند.

در واقع، قشر بینایی هنگام دیدن چیزی تحت تأثیر آیاهواسکا، عملاً با همان شدتی فعال می‌شود که هنگام تصور آن فعال می‌شود، و این امر به تخیل واقع گرایی بیشتری می‌بخشد. بدون مواد مخدر، قشر بینایی هنگام دیدن خیلی بیشتر از زمان تصور کردن فعال می‌شود.

آیاهواسکا منطقهٔ ۱۰ برادمن را نیز فعال می‌کند، که پلی بین جهان خارج – جهان ادراک – و جهان درونی – جهان تخیل – ایجاد می‌کند. این امر جنبهٔ ویژه‌ای از اثراتی که تولید می‌کند را توضیح می‌دهد.

مصرف کنندگان آیا هوآسکا تخیلات خود را به وضوح واقعیت می بینند؟
معمولاً، کسانی که آیاهواسکا را مصرف می‌کنند احساس می‌کنند که بدنشان تغییر می‌کند؛ به معنای واقعی کلمه احساس می‌کنند که خارج از بدن خود هستند. مرز بین دنیای بیرون و دنیای درون تیره و کم رنگ می‌شود.
همانطور که دیدید نمونه دیگری از یک مولکول توهم زای قدرتمند، دی متیل تریپتامین یا DMT است. ظاهر آن شبیه به سروتونین و همچنین سیلوسین است. می‌توان با آنزیم های موجود در بسیاری از موجودات زنده، آن را از آمینواسید تریپتوفان تولید کرد.
وبار دیگر تشابه ساختار شیمیایی این ترکیب را با سروتونین و تریپتوفان و سیلوسین و سیلو سایبین که قبلاً ارائه گردید.

فصل ششم

ساختار شیمیایی

میخواستم راجع به موضوعی که شاید به شدت ذهن بسیاری از دوستان را در گیر کرده باشه صحبت کنم.شما ممکن است بارها و بارها با چنین پرسشهایی مواجه شده باشید.

چگونه پمپ سدیم پتاسیم که در مغز خدایی میکند و ٦٠ درصد از انرژی دریافتی مغز را مصرف میکند میفهمد چه زمانی باز شود و چه زمانی بسته؟
یا چگونه یک آکسون که رشد میکند میفهمد با کدام آکسون سیناپس تشکیل دهد؟

چطور پیامهای الکتریکی در طول آکسون میفهمند از کدام جهت حرکت کنند ویا دوطرفه حرکت نکنند؟

یا چطور یک باکتری میفهمد کجا غذاست و به آن سمت شنا میکند یا کجا سم است و از آن فرار میکند؟

اصلاً بحث در اینگونه سئوالات فهمیدن و ذهن داشتن تک سلولها نیست بلکه تماماً فعل و انفعلات شیمیایی است همان داستانهای مکانیسم که اغلب دانشجویان از یادگیری آنها در دانشگاهها دوری میجویند و وقتی در سنین روشنفکری میرسند نیاز نزدیک شدن به آنها را بیش از پیش حس میکنند
شیمی حیات آنقدر ریز و جذاب و نزدیک بهم است که با دانستن آنها تمام حقایق برایتان روشن میشود .شما نام سروتونین و دوپامین و گلوتامیک اسید و گابا و استیل کولین راشنیده اید؟یا نام اکسی توسین و وازو پرسین و یا نام ریتالین و کوکایین و پزودوافدرین و شیشه و مورفین و حشیش را
تمام این ترکیبات با کارهای متفاوت و گاهاً ضد و نقیض چه داخلی چه خارجی با کوچکترین تغییر در ساختار شیمیایی شان بهم تبدیل میشوند ریتالین و کوکایین دو ماده مجزا مکانیسم اثر مشابه دارند اختلاف غلظت ، یکی را درمانگر و مجاز و دیگری را اعتیاد آور و ممنوع میکند.

در یک مسیر دوپامینرژیک کمبود دو پامین پارکینسون ایجاد میکنه و ازدیاد دوپامین اسکیزوفرنی .

تخم شاهدانه را میخورند و لذت میبرند و مجاز است ولی ماری جوانا(برگهای خشک شده همان گیاه) را میکشندو .. و حال میکنند و مخدر و غیر مجاز است یا حشیش صمغ همان گیاه را استفاده میکنند و خانمانسوز میباشد بدلیل اختلاف غلظت فقط یک ماده بنام THC(تترا هیدروکانابینول) در قسمتهای مختلف گیاه شاهدانه.
یا پزودو افدرین درمانگر را ، دهیدروکسیله میکنند و تبدیل به مت آمفتامین یا شیشه نابودگر میکنند.یا مورفین مهمترین ترکیب تریاک از گیاه خشخاش را دی استیله میکنند هروییین را میسازند.
گلوتامات یا گلوتامیک اسید (اولی فرم یونیزه و دومی فرم غیر یونیزه)فراوانترین نوروترانسمیتر مغز که اثر تحریکی دارد با دکربوکسیله شدن تبدیل به گابا میشه که اثر مهاری دارد.
یا فنیل آلانین تو بدن هیدروکسیله میشه به تایروزین تبدیل میشه تایروزین هیدروکسیله میشه تبدیل به دوپا میشه ، دوپا دکربوکسیله میشه تبدیل به دوپامین میشه ، دوپامین هیدروکسیله میشه تبدیل به نور اپی نفرین و نوراپی نفرین متیله میشه تبدیل به اپی نفرین میشود.

یا دو نوروپپتید اکسی توسین و وازوپرسین که هردو زنجیره پلی پپتیدی ۹ اسید آمینه ای هستند تنها با تفاوت در دو نوع از اسیدآمینه هاشون دو کاربرد متفاوت دارند.

یا تریپتوفان هیدروکسیله و دکربوکسیله میشه تبدیل به سروتونین میشه و سروتونین کربوکسیله و متیله میشه تبدیل به ملاتونین میشود .
نزدیکی ساختار شیمیایی در کارخانه حیات و پیامدهای گوناگون آن نشاندهنده اهمیت شیمی و پلیست که شیمی بین فیزیک و زیست میزند.

هیدروکسیله و دکربوکسیله و متیله و غیره توسط آنزیمهایی متفاوتی صورت میگیرند همه سلولها قابلیت تولید همه آنزیمها را دارند ولی بیان ژنی به تقسیم های نامتقارن از لحاظ مواد شیمیایی داخل سلولها از ابتدای تقسیم سلولی بستگی دارد سلولها فقط از لحاظ ژنتیکی متقارن تقسیم میشوند نه مواد شیمیایی داخلشان.

بنابراین این تفاوت شیمیایی حاصله که بفرض منجر به تولید یک سلول عصبی شده آنرا داری آنزیمهای خاص و پروتیینهای خاص خودش میکند که فعل و انفعالات کنونی سلول را رقم میزنند حالا تازه کارکرد همین سلول هم در این موقعیت تحت تاثیر گیرنده های یونو تروپیک و متابو تروپیک و یا سیتو اسکلتون داخلی میکروفیلامانها و میکروتوبولها و بسیاری از پروتیینهای رشد با کارکردهای مختلف داخلی و اتصالات مختلف خارجی میباشد .

همانطور که میبینید شیمی حیات چیزی است شگفت انگیز و متاسفانه با واژه های انسانی توصیف میشوند مثلاً باکتریها با هم حرف میزنند یا باکتریهای ویبریو فیشری وقتی جمعیتشان به یک حد رسید نور تولید میکنند پس این باکتریهامعنی گروه را میفهمند.

بنظر من استفاده این الفاظ از سوی دانشمندان فقط برای فهم و جذابیت موضوع است که ای کاش اینگونه عمل نمیکردند چرا که همین القاب امروزه برخی از افراد را به گفتن این موضوع که شاید یک باکتری هم ذهنیت داشته باشد وا میدارد:

(معمولا فرض می شود که قوه ی ذهنی مختص ارگانیسم های با سیستم عصبی پیچیده است اما این یک فرضیه است و واقعا چه کسی می داند؟؟)

بنظر من کموتاکسی مثبت و منفی باکتریها یا فوتو تاکسی گیاهان و سایر احساسات و ادراکات یعنی توانایی دریافت اطلاعات و واکنش شیمیایی صرف به آنها ، نشانی از ذهنیت داشتن.

شما برای یافتن پاسخ هرپرسش کلی نیاز به کنکاش جزیی دارید تازه در این زمان باید آگاه باشید که ویژگی‌ها و رفتار اتم‌ها توسط مکانیک کوانتومی توصیف‌شده است. هنگامی‌که این اتم‌های بسیار کوچک در کنار یکدیگر جمع می‌شوند و یک توپ فوتبال بزرگ‌تر را به وجود می‌آورند، مجموعه جدیدی از ویژگی‌ها و رفتار برای توپ فوتبال به وجود می‌آید که ازآن‌پس تحت تأثیر قوانین نیوتون قرار دارند. هیچ‌یک از این دو یکدیگر را پیش‌بینی نمی‌کنند.

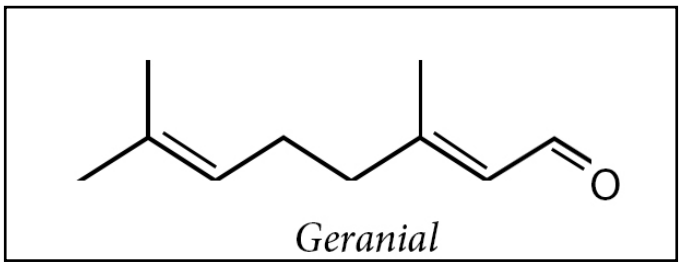
این بدان معنی است که ما باید در علم رفتار، مغز یا سایر بافتهای بدن را تنها به‌عنوان آلت دست نیروهای فیزیکی و شیمایی موجود در داخل و اطراف آن ندانیم. به یاد داشته باشید که یک مولکول از بسیاری جهات، اربابِ اتم‌ها و الکترون‌های درونی خود است. الکترون‌ها و اتم‌ها توسط ویژگی‌های پیکربندیِ کل مولکول به این‌طرف و آن‌طرف می‌روند و درگیر تعاملات شیمیایی می‌شوند. در همین زمان، اگر مولکول موردنظر ما بخشی از یک موجود زنده‌ی تک‌سلولی مانند پارامسی باشد،موظف است همراه با تمامی بخش‌ها و پارامترهای خود، آن دسته از وقایع موجود در فضا و زمان را دنبال کند که اکثراً توسط پویایی‌های خارجیِ کلیِ پارامسی تعیین‌شده‌اند.(نهاد بزرگ‌تر، رفتار نهاد کوچک‌تر موجود در داخل خود را تعیین می‌کند

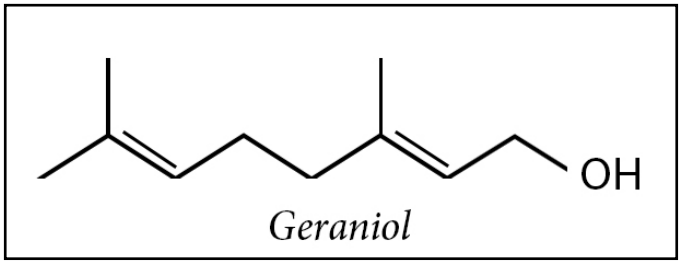
حالا که بحث سم آفلاتوکسین شده بد نیست بدانیم که کلمه فارماکولوژی یا داروشناسی و همچنین کلمات مرتبط مانند داروخانه Pharmacy، داروسازPharmacist و دارویی Pharmaceutical از کلمه یونانی فارماکن (Pharmakon) مشتق شده اند. این کلمه یک کلمه جالب‌توجه است زیرا به معنی سم و دارو به‌طور همزمان است. یک دارو ماده ای است که برای ارتقای سلامتی یا درمان بیماری استفاده میشود. پذیرفته‌شده است که داروها آثار مفیدی بر روی حالت سلامتی فرد دارند. یک سم ماده‌ای خطرناک یا کشنده است. یونانیان باستان، در تدوین فارماکن، دریافتند که سمها ممکن است دارو و اینکه داروها هم سم باشند. قرنها بعد، این عقیده مهم توسط پزشک و شیمیدان سوئیسی قرن شانزدهم پاراسلسوس Paracelsus بیان‌شده است . یکی از چیزهای بسیاری که وی به خاطر آنها شناخته‌شده است آموزش وی است: که همه مواد سم هستند و اینکه آیا چیزی به‌عنوان سم یا یک دارو عمل میکند بستگی به دوز (میزان دارو) دارد. هر چیزی سم است. حتی مواد حیاتی برای زندگی انسان، مانند آب و اکسیژن، سم هستند اگر در مقادیر بسیار بالا دریافت شوند. همه مواد شیمیایی که به‌عنوان دارو مصرف میشوند و میتوانند آثار درمانی مفیدی بر روی بدن داشته باشند هم به‌طور هم‌زمان سم هستند. این‌یک آموزش بسیار قدرتمند است. اگرچه هر چیزی میتواند سم باشد، بعضی چیزها نسبت به سایرین سمیتر هستند.

چرا برخی از حیوانات تولید کننده یا پناه دهنده سموم هستند؟ برای جلوگیری از خورده شدن توسط حیوانات دیگ چرا خودشان از سم در بدنشان آسیب نمیبینند ولی بقیه با آن سموم یا مسموم میشوند یا میمیرند؟ راز مسمومیت یا مردن این موضوع در کانالهای

سدیم وابسته به ولتاژ است این کانالها پروتئینی هستند و توسط ساختار شیمیایی سموم که به آنها متصل میشوند یا بسته میشوند یا باز میمانند و ریتم باز و بسته شدن را برای تولید سیگنال از دست میدهند و سیگنالی ردو بدل نمیشود و سم میتواند بسته به اینکه چقدراز این کانالها را در بدن تحت تاثیر قرار میدهند میزان سمیت و بدنبال آن ضعف در عملکرد عضلات و مشکلات تنفسی و خفگی ایجاد کند و یا بسته به اینکه این سموم چه مقدارآبگریز هستند عبور از سد خونی مغزی رقم میخورد و تبعاتی در مغز ایجاد میکند دقیقاً از همین داستان برای داروهای بیهوشی و بی حسی های موضعی استفاده میکنند بسته به غلظت دارو نتایج متفاوت.
حالا همین کانالهای پروتئینی با کوچکترین تغییری در فقط یک اسید آمینه شان در موقعیتی خاص دیگر تحت تاثیر این سموم برای بسته شدن موقت یا دائم یا باز ماندن موقت یا دائم قرار نمیگیرند. یک تغییر جزیی میتواند منفذ داخل پروتئین را که بعنوان کانال میشناسیم با دگرگونی پیچش در ساختار سه بعدی آن از بسته شدن یا باز ماندن در برابر ساختار شیمیایی سموم در امان نگهدارد. خود این کانالهاهم در حالت عادی با توجه به شرایط مختلفی مانند تغییر ولتاژ غشاء، پیوند یک مولکول ناقل عصبی، یا تعامل با دیگر تنظیم‌کننده مولکولی (فسفریلاسیون، نوکلئوتید های چرخشی و غیره) باز و بسته می‌شوند.
باز هم همانطور که میبینید کوچکترین تغییراتی در ساختار شیمیایی مولکولها چه داستانهایی را میسازد و چگونه دنیای حیات را دگرگون میکند.

مولکول گرانیال، یکی از اجزای روغن اسانس لیمو، به راحتی با رایحه لیمو شناخته می شود. و همچنین در گل رز، ارتباط مولکول گرانیول ، که یکی از اجزای روغن اسانس گل رز است، به راحتی با عطر ویژه گل رز مشخص می شود. به ساختار این دو مولکول، گرانیال و گرانیول، توجه کنید.





این دو مولکول یکسان هستند با این تفاوت که گرانیال دارای یک کربن با پیوندِ دوگانه با اکسیژن در یک طرف است (که در شیمی آلی آلدهید نامیده می شود)، و گرانیول دارای یک کربن است که با یک گروه هیدروکسیلی در انتها پیوند دارد (که در شیمی آلی الکل نامیده می شود). بنابراین، تفاوت بین گرانیال و گرانیول، وجود یا عدم وجود تنها دو اتم هیدروژن و یک پیوند قوی (و ساختار سخت تر) در یک انتهای مولکول است. این تفاوت ظاهری ظریف در شکل مولکولی، باعث تفاوت عمیق در عطر مربوطه (لیمو در مقایسه با گل رز) می شود. تغییرات کوچک در شکل مولکولی، تا آنجایی که روی اتصال این مولکول ها به GPCR های (G Protein Coupled Receptors –)مختلف بویایی تاثیر می گذارد، ممکن است اثرات قابل توجهی بر الگوهای سیگنال های عصبی تولید شده در مسیر بویایی داشته باشد و در نتیجه اثرات قابل توجهی بر کیفیت عطر های حس شده ایجاد کند.
همانند بسیاری از پروتئینهای گیرنده موجود در حیوانات، گیرنده های بویایی، گیرنده جفت‌شونده با پروتئین جی هستند (GPCR). در میان حیوانات مهره دار، تعداد انواع مختلف پروتئین های گیرنده بویایی به طور گسترده ای متفاوت است. برای مثال، یک ماهی معمولی ممکن است حدود یکصد پروتئین مختلف گیرنده بویایی داشته باشد،که توسط صد ژن مختلف کد گذاری می شوند. پستانداران ممکن است به طور معمول ده برابرِ این تعداد، گیرنده های جفت‌شونده با پروتئین جی (GPCR) داشته باشند، حدود یک هزار عدد. یک موش در منتهی الیه بالایی محدوده پستانداران قرار دارد، که حدود هزار و سیصد پروتئین مختلف گیرنده بویایی دارد. انسان ها با داشتن ۳۵۰ پروتئین مختلف گیرنده بویایی در منتهی الیه پایینی محدوده قرار دارند. هر گیرنده جفت‌شونده با پروتئین جی (GPCR) به مولکولی که اشکال مولکولی خاصی دارد پاسخ می دهد، درست همانطور که گیرنده های انتقال دهنده عصبی GPCR مختلف، توسط انتقال دهنده عصبی مختلف و مولکول های دارو (آگونیست) فعال می شوند.علاوه بر ۳۵۰ ژن که برای ۳۵۰ GPCR بوییِ در حالِ کار کد گذاری می کنند، ژنوم انسان دارای تعداد زیادی از ژن های غیر کارکردی است که اگر چه به نظر می رسد برای GPCR های

بویایی کد گذاری می کنند، اما به طریقی تغییر می یابند بطوریکه برای پروتئینهای گیرنده کاربردی کد گذاری نمی کنند- این گونه ژن ها، ژن های کاذب نامیده می شوند. انسان ها دارای حدود ششصد ژن کاذب بویایی هستند.چنین گمان می رود که در گذشته تکاملی ما، اجداد پیشینیان ما دارای انواع بسیاری از گیرنده های بویایی کاربردی تری بودند (مشابه موش های امروزی) و به همان نسبت، یک حس پیچیده تر از بو داشتند. اعتقاد بر این است که اجداد تکاملی ما، از زندگیِ نزدیک به زمین (جایی که در آن مواد معطر منبع بسیار مهمی از اطلاعات زیست محیطی هستند) به زندگی در درختان، و در نهایت، به موجودات قائم و ایستاده که بینی شان فاصله زیادی با زمین دارد مهاجرت کردند (و حس بینایی برای جمع آوری اطلاعات زیست محیطی مهم تر شد)، گیرنده های بویایی کاربردی بواسطه تحول ناپدید شدند، هر چند آثار ژن های اجدادی باقی مانده اند.

این احتمال وجود دارد که هنوز بخش جالبی از داستان در اینجا برای ما مفقود باشد. چرا باید تعداد زیادی از ژن های غیر کارکردی بیش از میلیون ها سال تاریخ تکاملی حفظ شوند ؟ این ژن ها ممکن است نوعی عملکرد مهم نظارتی داشته باشند. به احتمال زیاد چیزی در این میان است و ما هنوز نمی دانیم آن چیست.

وجود ۳۵۰ نوع مختلف GPCR کاربردیِ بویاییِ ما، توانایی تشخیص و تمایز هزاران (حداقل!) بوی مختلف را به ما می دهد – در اینجا به چگونگی این امر می پردازیم. یک مولکول معطر خاص، به طور متفاوتی، برخی از زیر مجموعه های GPCR بویایی را به مقادیر متفاوتی فعال می کند. بنابراین، مولکول معطر X ممکن است به پروتئین گیرنده بویایی ۲۳، ۷۷، ۱۳۶، ۲۴۲، ۲۹۰، ۳۱۲، و ۳۴۹ هر کدام با سطح خاصی از مسیر فعال سازی GPCR متصل شود. و مولکول معطر Z می تواند به پروتئین گیرنده بویایی ۹، ۴۵، ۹۱، ۱۱۲، ۱۳۶، ۱۳۸، ۱۴۹، ۲۰۷، ۲۹۸ و ۳۳۳ هر کدام با سطح خاصی از فعال سازی متصل شود. و همینطور الی آخر. بنابراین، با توجه به الگوهای مختلف فعال سازی ۳۵۰ نوع GPCR بویایی، می توان تعداد بسیار، بسیار ، بسیار زیادی از مولکول های معطر را تشخیص داد. سیستم عصبی ما، به روشی که هنوز هم اسرار آمیز است، تجربه ذهنی و روانی عطرهای منحصر به فرد هِل، دارچین، و فلفل سیاه و.... را ایجاد می کند – یک سناریوی بسیار زیبا و شگفت انگیز! تازه جالبتر اینکه آگاهی ظهور یافته از فعل و انفعلات نورونها بر روی پردازش مغز اثر میگذارد داستان جالب زیر را بخوانید.

یک مطالعه‌ی موردی از بخش جراحی مغز و اعصاب

جراح مغز و اعصاب، دکتر مارک ریپورت Rayport که در کالجِ پزشکیِ ایالت اوهایو در شهر Toledo کار می‌کرد، سال‌ها پیش پدیده‌ی بسیار جالبی را مشاهده کرد. وی در طول دوره‌ی جمجمه بُری Craniotomy که طی آن بیمار هشیار بود، بدون آگاهی بیمار، با استفاده از جریان الکتریکی ضعیفی پیاز بویایی مغز بیمار را تحریک می‌کرد. پیاز بویایی بخشی از مغز است که نقش زیادی در پردازش حس بویایی دارد. در این حالت، دکتر ریپورت با لحن مثبتی با بیمار به گفتگو می‌پرداخت، مثلاً در مورد تعطیلات بهاریِ پیش رو با او صحبت می‌کرد. درحالی‌که بیمار گرم صحبت با او می‌شد، او یک پالس الکتریکی به ساختار مغز بیمار وارد می‌کرد. در این هنگام، بیمار ناگهان گفتگو را قطع کرده و چنین جمله‌ای می‌گفت:» چه کسی گل‌های سرخ را به داخل اتاق آورده است؟» چند لحظه بعد، پس‌ازآنکه دکتر ریپورت لحن گفتگو را از مثبت به منفی تغییر داد و در مورد موضوعات ناخوشایند صحبت کرد، دوباره یک تکانه‌ی الکتریکی به مغز بیمار وارد کرد. شدت پالس الکتریکی و مکان آن دقیقاً همانند قبل بود. بیمار دوباره گفتگو را قطع می‌کرد، اما این بار چنین گفت:» چه کسی تخم‌مرغ‌های گندیده را به داخل اتاق آورده است؟

این مثالی از یک فرایند روانی بود که بر یک فرایند مغزی تأثیر می‌گذارد، این در حالی بود که تمام ماجرا در داخل مغز در حال رخ دادن بود. این مثال انگار که یک فرایند روانی «از بالا به پایین» یک فرایند زیست‌شناختی جسمانیِ «از پایین به بالا» را آگاه می‌کند (آن را تغییر می‌دهد): به‌عبارت‌دیگر، در این مثال ذهن و حالت روانی، مغز را آگاه می‌کند و بر آن اثر می‌گذارد. به‌طور کوتاه، اگرچه یک حالت روانی توسط مغز (مغزِ جسمانی) به وجود آمده بود، این حالت روانی توانسته بود بر همان حالتِ جسمانی مغز که آن را تولید کرده بود، تأثیر بگذارد.

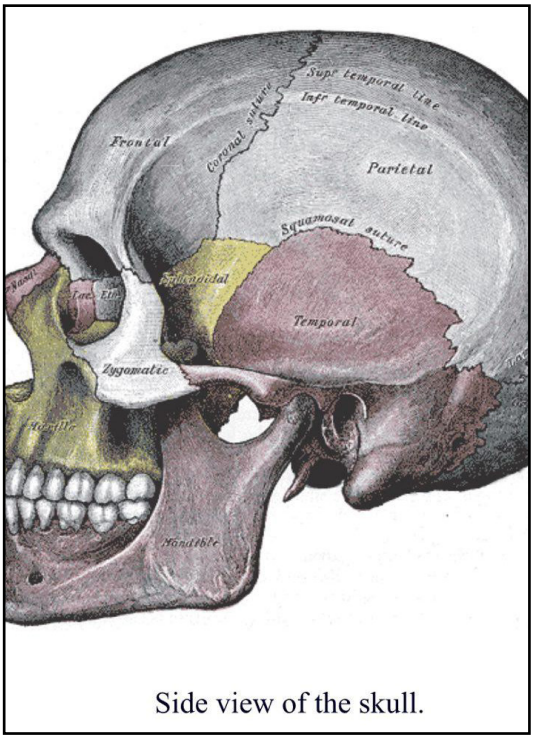
شما در مبحث تبدیل ساختارهای شیمیایی که ملاحظه فرمودید که اضافه شدن یک گروه کربوکسیل یا هیدروکسیل یا حذف اونها چه اثرات متفاوتی داشتند. در همین مورد اگر بدانید که برای عبور بیشتر از سد خونی مغزی باید تلاش کنیم ساختار شیمیایی را بیشتر آبگریز یا چربی درست کنیم بهمین سبب وقتی یک گروه کربوکسیل به فرمولی اضافه میشود عبورش به مغز بیشتر و اثراتش مضاعف میشود دیگر متعجب نمیشوید که چرا یک فرمول مخدر با یک تغییر در ساختار شیمیایی اینگونه قدرت و اثرش بیشتر میشود بماند از

اینکه کجای فرمول و ساختار را را باید تغییر بدیم که دیگه امری تخصصی میشود.
مثالی از ریشه لغات : شاید شما بهتر از من بدانید که سروتونین به عنوان ملکولی که در خون یافت می شود و اثراتی بر انقباض و انبساط رگ های خونی دارد شناخته شد. نام آن بازتابی از نقش آن است: سرو (سرم خون)+تونین (انقباض ماهیچه رگ ها) یا اپی نفرین یا آدرنالین این نامهای مختلف از ریشه واژه های مختلفی هستند به معنی «نزدیک به کلیه» (واژه یونانی اپی+نفرون، واژه لاتین اد+رنال) یا دوپامین برگرفته از نام شیمیایی مولکولی اش یعنی (D)ihydr(o)xy(p)henyl(amine) می باشد.

فصل هفتم

اندام حسی، ادراک

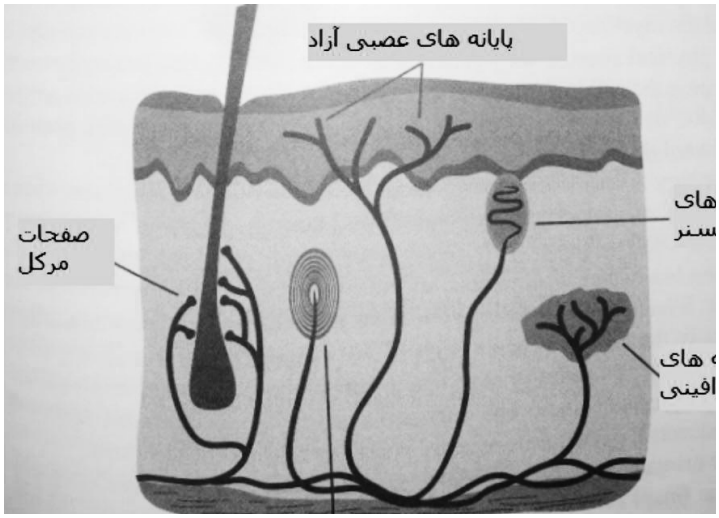
افرادمعمولاًهنگام‌شنیدن‌صدای‌ضبط شده خود شگفت زده می شوند و غالباً اظهارمی‌کنندکه‌این‌صدا،شبیه‌صدای آنها نیست.به نظر شما درست است؟



Side view of the skull.

راه دیگری برای رسیدنِ انرژی صدا به گوش داخلی وجود دارد، راهی که متفاوت از مسیر کانال گوش خارجی است: لرزشِ مستقیمِ استخوان‌های جمجمه که در اطرافِ حلزون گوش قرار دارند. لرزش جمجمه باعث لرزشِ پرده‌ی گوش، استخوانچه های گوش، و حلزونِ آن می‌شود. برای اکثر صداهایی که از محیطِ اطراف می‌آیند، این لرزش باعث تولید پیامِ چشم‌گیری از طرف حلزون گوش نمی‌شود. بااین‌حال، در یک حالت معمول و شایع لرزش جمجمه نقش بسیار بزرگی در تولید پیامِ صدا دارد. می‌توانید این حالت را حدس بزنید؟ آیا درست حدس زدید؟ پاسخ صدای خودِ فرد هنگام صحبت کردن، آواز خواندن، یا زمزمه کردن است. لرزش تارهای صوتی و سایر ساختارهای درگیر در تولید این صداها، ارتعاشاتی در غلظت هوا ایجاد می‌کند که از بدن دور می‌شود. این همان چیزی (صدایی) است که دیگران می‌شنوند. این تغییرات فشار هوا همچنین وارد مجرای گوشِ بیرونیِ خود فرد نیز می‌شود. این یعنی هنگام صحبت بخشی از آنچه می‌شنویم به همان شیوه‌ای که توصیف شد (مجرای گوش) وارد دستگاه صوتی ما می‌شود. اما اگر گوش‌های خود را به‌طور کامل مسدود کنید، باز هم می‌توانید هنگام صحبت کردن صدای خود را به‌خوبی بشنوید.حتی زمانی که به‌آرامی زمزمه می‌کنید و گوش‌های خود را گرفته‌اید نیز می‌توانید صدای خود را بشنوید. اکثرِ انرژی ارتعاشیِ احساس شده هنگام شنیدن صدای خودمان، از طریق ارتعاشِ درونیِ جمجمه وارد دستگاه شنیداری می‌شود (شکل فوق).

فرکانس لرزش‌های انتشاریافته در فضای بیرونی بدن ما که به مغز انتقال‌یافته‌اند (از طرق مجرای گوش بیرونی)، کمی متفاوت از ارتعاشاتی هستند که در استخوان‌ها و سایر اعضای بدن ما انتشار می‌یابد. بنابراین، ترکیب فرکانس برای صدای شنیده‌شده توسط خود فرد، و صدای شنیده‌شده توسط دیگران متفاوت است. به همین دلیل است که افراد معمولاً هنگام شنیدن صدای ضبط‌شده‌ی خود شگفت‌زده می‌شوند و غالباً اظهار می‌کنند که این صدا، شبیه صدای آن‌ها نیست.و این کاملاً درست است.



پوست ما بزرگترین اندام حسی ماست. دندریت نورون های سوماتوسنسوری Somatosensory (واژه یونانی سوما به معنی بدن) در لایه های بالایی پوست بدن به انتهای مسیر خود می رسند و غشا این فیبرهای عصبی حاوی پروتئین های گیرنده است که به لمس، ضربه یا تغییرات دما پاسخ می دهند (شکل زیر). برخی فیبرهای عصبی پایانه های آزادی در لایه های بالایی پوست دارند. گاهی اوقات این پایانه ها با فولیکول های مو پیوند بسیار نزدیکی دارند. برخی فیبرهای عصبی به ساختارهایی منتهی می شوند که به فشار ناشی از لمس حساس اند. این ساختارها شامل صفحات مرکل، دانه های پاسینی، دانه های مایسنر، پایانه های روفینی هستند و به نام آناتومیست های آلمانی و ایتالیایی که اولین بار آنها را توصیف کرده اند، نامگذاری شده اند: جورج مایسنر (۱۸۲۹–۱۹۰۵)، فردریچ مرکل (۱۸٤۵–۱۹۱۹)، فیلیپو پاسینی (۱۸۱۲–۱۸۸۳) و آنجلو رافینی (۱۸٦٤–۱۹۲۹).

انگشتان و لب ها دو ناحیه بدن هستند که حس لامسه بسیار قوی دارند. تعداد زیادی نورون سوماتوسنسوری دندریت های خود را به پوست انگشتان و لب های ما می فرستند. این دندریت ها تراکم بسیار زیادی دارند و میدان تاثیرشان نسبتا کوچک است در نتیجه در صورت احساس لمس در این نواحی، سطح درک و حس بسیار بالایی خواهیم داشت. این به ما امکان می دهد جنبه های مختلف بافت اشیایی را که با انگشتان یا لب هایمان حس می کنیم با دقت بسیار بالا تشخیص دهیم. برخلاف آن نواحی از بدن همچون بازوها، پشت یا پا دقت سوماتوسنسوری نسبتا ضعیفی دارند.

دقت سوماتوسنسوری را می توان خیلی ساده با استفاده از تستی به نام آزمون تمایز دو نقطه اندازه گیری کرد. این تست در بهترین حالت با همراهی یک فرد دیگر انجام می گیرد و ضمنا خیلی سرگرم کننده ست. یک گیره کاغذ سیمی بردارید و آن را به شکل U درآورید به طوری که دو انتهای آن را بتوان تنظیم کرد تا در فاصله خیلی نزدیک از هم قرار بگیرند یا از هم دور شوند. یک شخص– سوژه آزمایش– چشمانش را می بندد. آزمایش کننده سیم U شکل را به آرامی روی پوست منطقه مورد نظر می مالد به طوری که دو انتهای U به طور همزمان در تماس با پوست قراربگیرند. خواهید دید که وقتی U انگشتان یا لب های سوژه را لمس می کند ، دو انتهای U را می توان به هم خیلی نزدیک کرد. شاید فقط ۱ یا ۲ میلی متر. با این وجود در این فاصله اندک، سوژه همچنان می تواند دو نقطه مجزا را بر روی پوست خود تشخیص دهد. این نشان می دهد که در این قسمت ها دقت سوماتوسنسوری بالاست. به دلیل دندریت های سوماتوسنسوری به شدت متراکم که به تعداد زیادی نورون مجزا متصل اند و هر کدام میدان تاثیر کوچکی دارند و در نهایت به سمت ناحیه ای از لوب آهیانه (S_1) هدایت می شوند که درآن تعداد زیادی نورون پیام ها را دریافت می کنند.

برخلاف آن اگر آزمایش کننده، U را در تماس با پشت سوژه قرار دهد، دو انتهای U باید دست کم ۱ تا ۲ سانتی متر از هم دور شوند تا سوژه بتواند دو ناحیه لمسی مجزا از هم را تشخیص دهد (این فاصله ده برابر بیشتر از مقدار مورد نیاز برای دست هاست). اگر دو انتهای U خیلی به هم نزدیک شوند، مثلا چند میلی متر، سوژه آن دو را به صورت یک نقطه لمسی احساس خواهد کرد. این نشان می دهد که بدن در این ناحیه

دقت سوماتوسنسوری نسبتا پایینی دارد که بازتابی است از نورون های گیرنده کمتر در این نواحی. این نورون ها پیام های خود را به قشر مغز می فرستند جایی که نورون های قشری اطلاعات را دریافت و پرزدازش می کنند.

موش ها برای این که بتوانند درباره جهان اطرافشان اطلاعات جمع کنند، وابستگی بسیار زیادی به موهای اطراف گونه و چانه شان دارند. ریش و

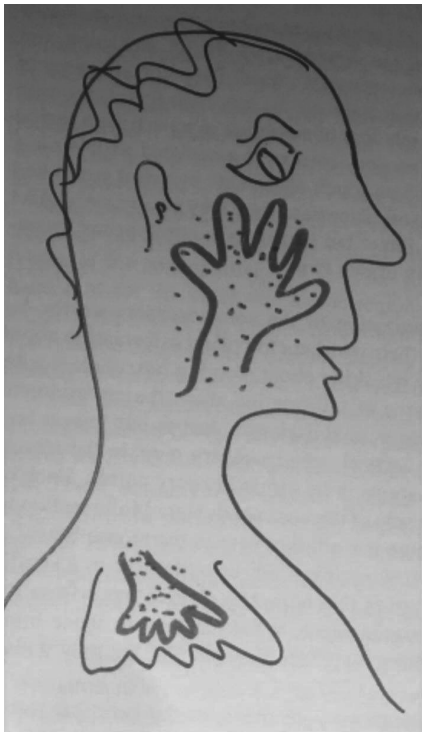
سیبیلهای آنها دائما اطراف شان را جارو می کند و در تماس با اشیا نزدیک قرار می گیرد. به این ترتیب اطلاعات زیادی درباره محیط اطراف به موش ها می دهد که با کمک آن موش هامی توانند حتی در تاریکی مطلق به حرکت خود ادامه دهند. درست همان طور که لب ها و انگشتان ما بخش بزرگی از نقشه سوماتوسنسوری قشری مغز ما را به خود اختصاص داده اند، در موش ها نیز این سیبیلها بخش بزرگی از قشر سوماتوسنسوری را از آن خود کرده اند.

هر یک از سه یا تعداد بیشتری سیبیلی که در دو طرف بینی موش قرار دارد پیام هایی را به نواحی خاصی از قشر مخ می فرستند. نقشه سیبیلی در مغز موش وجود دارد.

اگر یکی از سیبیلهای موش بریده شود یا در جنگ با حیوان دیگری به شدت کشیده شود چه خواهد شد؟ سلول های موجود در قشر مغز که به طور معمول داده های ورودی را از سیبیل ها دریافت می کنند، در غیاب سیبیلها دیگر نمی توانند هیچ سیگنال ورودی دریافت کنند. بر سر این سلول ها که حالا به نظر می رسد دیگر کاری برای انجام دادن ندارند، چه می آید؟ آیا همین طور بیکار می نشینند؟ پلاسیده می شوند و می میرند؟

مشخص شده که این سلول ها ارتباط عصبی با دیگر نورون های مجاورشان برقرار می کنند. آنها به جای این که دست روی دست بگذارند به تحلیل و آنالیز پیام هایی که از موهای مجاور موی از دست رفته می آید، کمک می کنند. این باعث می شود که موهای مجاور حساس تر از قبل شوند. ایجاد ارتباطات عصبی جدید با رشد و انشعاب آکسون ها و دندریتها همراه است و در عین حال منجر به تقویت ارتباطاتی می شوند که از پیش وجود داشته اند اما چندان مورد استفاده نبوده اند. این مثالی از نوروپلاستی سیتی است؛ قابلیت نورون ها برای تغییر الگوی ارتباطات شان. نوروپلاستی سیتی همیشه در مغز رخ می دهد اما تغییر ارتباطات عصبی که بعد از کنده شدن مو در موش ها رخ می دهد یک نمونه بسیار قدرتمند از این فرایند است.

فرایند مشابهی نیز در انسانها رخ می دهد. گاهی در اثر تصادف یا بیماری یک فرد ممکن است بازو یا پای خود را از دست بدهد. در این شرایط فرد معمولا همچنان وجود عضو قطع شده را حس می کند . طوری که انگار این عضو هنوز سر جای خودش است. به این پدیده اندام خیالی می گویند. چه اتفاقی می افتد؟ در فردی که دچار پدیده اندام خیالی شده، ناحیه ای از لوب آهیانه که معمولا پیام ها را از بازو دریافت می کند، دیگر این اطلاعات ورودی را دریافت نمی کند. همان طور که درمورد موهای کنده شده موش ها دیدیم، در این جا نیز نورون ها بیکار نمی نشینند بلکه با نورون هایی که در نواحی مجاور نقشه بدن واقع اند ارتباطاتی برقرار می کنند. در مورد بازو ممکن است نورون ها مربوط به ناحیه شانه و ناحیه صورت باشند. بنابراین هر ورودی سوماتوسنسوری که نورون های موجود در این نواحی مجاور را فعال کند می تواند سرریز کرده و نورون های موجود درناحیه بازو را نیز فعال نماید. به نظر می رسد که این پدیده می توان احساس مربوط به وجود اندام خیالی را توضیح دهد. در فردی که دچار قطع عضو شده، هر گونه تحریک مبهم در ناحیه صورت و شانه (جریان هوا، تغییرات دما و چیزهایی مثل این ها) نورون هایی که روزی سیگنال ها را از عضو قطع شده دریافت می کردند را نیز تحریک و فعال می کند. این فعالسازی درست مثل این است که انگار پیام ها از عضو قطع شده می آیند.



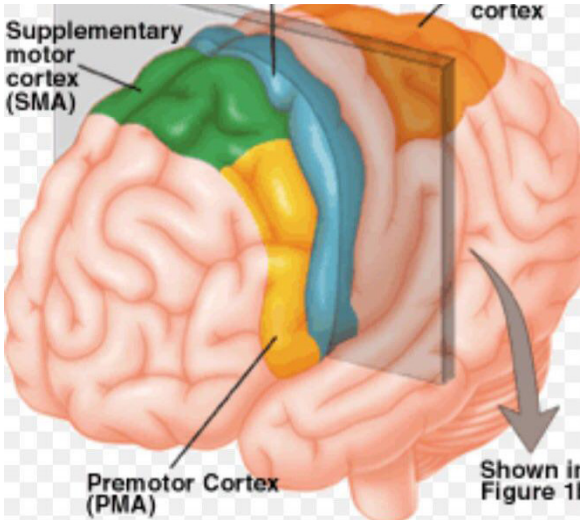
شکل زیر دست خیالی فرد که هم بر روی گونه و هم بر روی قسمت بریده شده از بازو نمایش داده می شود. لمس نقاط مختلف در این بخش های بدن باعث می شود فرد حس کند دست خیالی اش لمس شده است.

در اثر سازمان دهی دوباره نقشه مغز به دنبال نوروپلاستی سیتی، یک بازوی خیالی متولد می شود. اگر بتوانیم از موشی که سیبیل هایش بریده شده سوال کنیم احتمالا به ما خواهد گفت که چه طور حس می کند یک سیبیل خیالی دارد.

اگر نقشه بدن به این ترتیب مجددا سازمان دهی شود، لمس کردن صورت یا بازو فردی که دستش قطع شده قاعدتا باید باعث شود که این فرد حس کند کسی دست قطع شده اش را لمس کرده است. وی. اس. راماچاندران، دانشمند عصب شناس آزمایشی انجام داد. او با لمس کردن نواحی مختلف صورت فرد (در همان سمت بدن که بازو قطع شده بود) باعث شد که فرد هم در دست خیالی و هم در ناحیه گونه اش حس لامسه را تجربه کند .

دما و دیگر حواس نیز در بروز این گونه ادراکات تاثیر دارند. چکاندن آب سرد یا گرم بر روی گونه فرد باعث می شود فرد حس کند آب سرد یا گرم از گونه یا دست و بازوی خیالی اش سرازیر شده است. وی میگوید من یک بار به بیماری که دچار قطع عضو شده بود پیشنهاد کردم که با خاراندن گونه اش می تواند از احساس خارش عذاب آوری که در دست خیالی اش حس می کرد خلاص شود. این کار واقعا جواب داد.

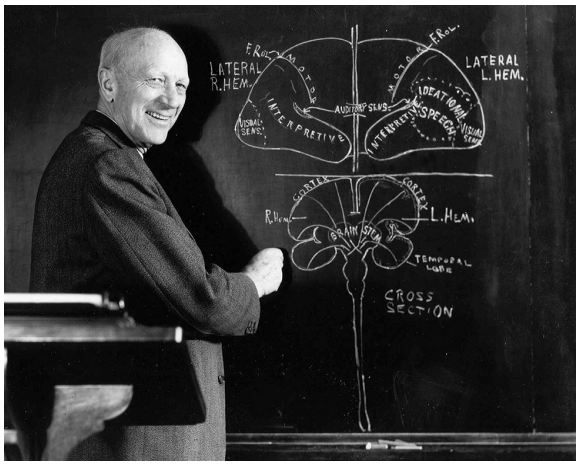
چرا نمیتوانیم خودمان را قلقلک بدهیم؟



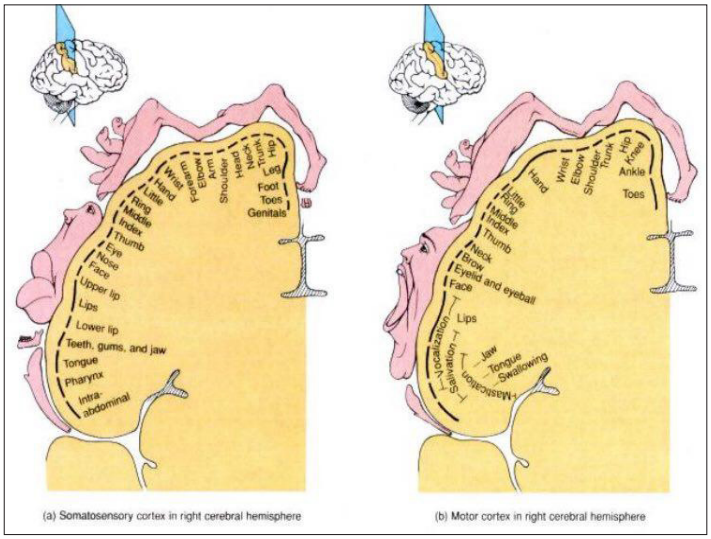
می‌توانیم خودمان را لمس، تماشا، و نوازش کنیم، اما نمی‌توانیم خودمان را قلقلک بدهیم. چارلز داروین، دانشمند طبیعت‌گرای بزرگ و پدر علم زیست‌شناسی معاصر، به طور عمیق و با اشتیاق به بررسی این سؤال پرداخت. او اعتقاد داشت قلقلک دادن تنها زمانی عمل می‌کند که فرد غافلگیر شود، و این عنصر غافلگیری زمانی که ما خودمان را قلقلک می‌دهیم ناپدید می‌شود. نظر او منطقی به نظر می‌رسد، اما اشتباه است. هرکس تا به حال شخص دیگری را قلقلک داده باشد می‌داند که اگر از قبل به قربانی هشدار داده شود هم قلقلک به همان اندازه و حتی مؤثرتر است. پس مشکل امکان‌پذیر نبودن انعکاسی قلقلک دادنِ خود ،اسرارآمیزتر می‌شود؛ فقط بحث این نیست که غافلگیرکننده نیست.

برای درک داستان به شکل زیر خوب نگاه کنید.

خیلی عامیانه و ساده داستان بدین قرار است: در تصویر فوق وقتی شما تجسمی از یک فعالیت بدنی یا حرکتی را میکنید مثلاً تجسم میکنید تنیس بازی میکنید بخش سبز رنگ فعال میشه و وقتی بخواهید واقعاً عمل حرکتی را انجام بدهید بخش زرد رنگ نقشه کشی میکنه و به بخش آبی (M_1) میگه اجرا کن بخش آبی پیام را به ماهیچه های دست و پا و چشم میفرسته و حرکت صورت میگیره ولی قبل از اینکه بخش آبی بخواهد دستور را به بدن بفرسته یک نسخه جداگانه به قشر حسی میفرسته که بدونه این عمل مال خودشه و بتونه عمل را پیش بینی کنه (پشت بخش آبی رنگ بخش حسی S_1 سوماتوسنسوری اولیه و جلوی بخش نارنجی بخش ادراک S_2،S_3،S_4 و S_5 سوماتوسنسوری ثانویه قراردارد دو نوار باریک یکی هر حسی که از بدن میادو پردازش میکنه S_1 و دومی که نوار باریک چسبیده به نارنجی است کار ادراک را بعهده داره و بخش آبی یا M_1 هم تمام پیامهای حرکتی را به اعضای مختلف بدن ارسال میکند)



پس قبل از ارسال پیام از طریق M_1 به سایر اعضای بدن، یک نسخه کپی به S_1 فرستاده میشه و مغز میفهمه کار خودش است تا بتواند آینده کار را پیش بینی کند و فعالیت را تنظیم می کند که این کپی مثل دستگاه کپی نیست که یک نسخه اضافی کپی کند بلکه بین احساس، ادراک، و عمل، فرآیندهای عصبی بسیار پیچیده‌ای وجود دارند، که شامل تریلیونها فرآیند سیناپسی و جفتشدگیهای افاپتیک در نوروپیل قشری میشوند. سطح بالای فعالیت مغزیِ در حال پیشرفت به عنوان زیرساختی برای دستکاری و جفت کردن ورودیِ حسی و خروجیِ حرکتی عمل میکند: ادراک و عمل.



خوب حالا بحث قلقلک :

وقتی شما با دستان،خود را قلقلک میدهید یک پیامی از M_1 مغز به اندام مورد نظر آمده که دست دارد حرکت میکند. بنابراین یک کپی وابران هم قبل از اون به قشر حسی فرستاده است که مغز میفهمد «خودشه!» ولی وقتی شخص دیگری اینکار را با شما میکند فقط یک دریافت به بخش حسی دارید اونهم از بیرون است نه داخل مغزتان. بنابراین مغز این دریافت را خارجی تلقی کرده و نمیتواند آینده حرکت را پیش بینی کند و شما بصورت قلقلک حس میکنید.

نقشه پنفیلد کانادایی که در دبیرستان خواندید مربوط به S_1 میباشد برای پیامهایی که از بدن به مغز میایند و درست همین نقشه در M_1 وجود دارد برای پیامهایی که از مغز به بدن میروند. قتی عملی انجام می‌شود، مغز نه تنها به قشر حرکتی پیام می‌فرستد، و چشم‌ها و دست‌ها حرکت می‌کنند، بلکه به خود هم هشدار می‌دهد تا خود را از قبل تطبیق دهد تا بتواند دوربین را ثابت کند و قادر باشد صداهای درونی را به عنوان صدای خود تشخیص دهد. این مکانیسم نسخه‌ی وابران یا کپی بیرون بر نامیده می‌شود و روش مغز برای مشاهده و ارزیابی خود است.

قبلاً دیدیم که مغز منبع فرایندهای ناخودآگاه است که بعضی از آنها در فعالیت‌های حرکتی ظهور می‌یابند. کمی قبل از انجام اعمال، بعضی از آنها برای خود مغز آشکار می‌شوند، و مغز این اعمال خود را به عنوان اعمال خود شناسایی می‌کند. این نوع نشانه‌ی قشری عواقبی دارد. زمانی رخ می‌دهد که چشمان‌مان را حرکت می‌دهیم، (حرکات ساکاد را خودش ایجاد میکند و با نسخه وابران میداند که این خودش است و تصویر برداری را در لحظه ساکاد متوقف میکند)هنگامی که نمی‌توانیم خودمان را قلقلک بدهیم،(میداند این دست را خودش به حرکت واداشته و با نسخه وابران میداند خودیست و متعجب نمیشود و واکنشی نشان نمیدهد) و زمانی که صدای درون مغزمان را به عنوان صدای خود شناسایی می‌کنیم؛(زمانیکه با خودمان حرف میزنیم میداند حرفها را خودش تولید کرده و تعجب نمیکند ولی در یک بیمار اسکیزوفرنی صداهای تولید شده خود را صدای بیگانه تلقی میکند)به طور کلی می‌توانیم این مکانیسم را پروتکل ارتباطات درونی بدانیم.

قیاسی مفید در اینجا می‌تواند این باشد که وقتی شرکتی تصمیم به معرفی محصول جدید می‌گیرد، به بخش‌های مختلف، از جمله بازاریابی، فروش، کنترل کیفیت، روابط عمومی و غیره اطلاع می‌دهد تا بتوانند فرایند را هماهنگ کنند. وقتی ارتباطات داخلی شرکت (نسخه‌ی وابرآن) شکست می‌خورند، نتیجه عدم انسجام خواهد بود. برای مثال، گروه خریدار مشاهده می‌کند که مواد خام کمتری موجود است و باید دلیل آن را حدس بزند، زیرا از معرفی محصول جدید آگاه نیست. مغز هم به همین شکل به دلیل نبود اطلاعات داخلی برای توضیح شرایط منطقی‌ترین سناریو را برای خود می‌سازد. در این قیاس استعاره‌ای از اسکیزوفرنی می‌بینیم. نشان می‌دهد توهم‌ها چطور از نقص در پروتکل ارتباطات درونی ناشی می‌شوند.

البته این تمرینی برای تفکر است. شکی نیست که شرکت از خود آگاه نیست. بلکه وقتی شروع به آگاه کردن خود از دانش و شرایط می‌کند، پیش‌نیازی از آگاهی ایجاد می‌کند که می‌توان آن را برای بخش‌های مختلف منتشر کرد.

این نمونه یکی از نمونه‌های بسیاری است که دستگاه حسی ما طبق دانشی که مغز از اعمالی که قرار است انجام دهد دارد خود را تا حد زیادی دوباره تنظیم می‌کند. سیستم بصری مانند دوربین فعالی است که خود را می‌شناسد و نحوه‌ی ضبط خود را بنا بر برنامه‌ی خود برای حرکت تغییر می‌دهد. مغز خود را مطلع می‌کند، و فعالیت‌های خود را ثبت کرده است. این مقدمه‌ی آگاهی است.

همین ایده، اما در چارچوبی بسیار متفاوت بر غیرممکن بودن قلقلک دادن خودمان حاکم است. مغز حرکت خود را پیش‌بینی می‌کند و این هشدار تغییر حسی ایجاد می‌کند. این پیش‌بینی ممکن نیست آگاهانه رخ دهد، نمی‌توان عمداً از احساس قلقلک خودداری کرد، و داوطلبانه جریان بصری را ویرایش کرد، اما آگاهی درون آن قرار دارد.

چطور مطمئن شویم صداهایی که در سرمان می‌شنویم صدای خودمان هستند؟

ما کل روز با خودمان حرف می‌زنیم، و تقریباً همیشه با خود نجوا می‌کنیم. در اسکیزوفرنی، این گفتگو در افکار درگیر توهم با واقعیت

مخلوط می‌شود. نظریه‌ی کریس فریث این است که این توهم‌ها ناشی از ناتوانی بیماران اسکیزوفرنی برای درک این است که خودشان این صداهای درونی خود را ایجاد می‌کنند. و از آنجا که مانند قلقلک دادن آنها را صداهای خود نمی‌دانند، نمی‌توانند آنها را کنترل کنند.

آگاهی درون این حلقه هاست.

حالا طبق معمول هستند کسانیکه میگویند من قلقلکی نیستم حتماً در ارتباطات درونی مغز مشکل دارند خیلی خوشحال نباشند.
من فکر میکنم غیر از اصل داستان بنیادی قلقلک که نوشتم و عدم مشکل ارتباطی در بهم پیوستگی پردازش مغزی در مناطق حسی و عمل و ادراک سه مسئله مهم در این امر دخیلند:
۱- عدم پیوستگی در لمس کردن و لمس آرام
(شما انگشتانتان را محکم و مستمر به شکم کسی بمالید حس قلقلک بسیار کم و نامحدود است)
۲- حساسیت منطقه لمس از لحاظ تعدد بیشتر نورونهای سوماتوسنسوری (که بازتابش در نقشه پنفیلد بصورت بخش بزرگتری از نقشه در مغز مشهوداست)
۳- مناطقی که در زندگی روزمره توسط خود فرد کمتر لمس میشود حساس بودن منطقه (مثل کف پاو زیر بغل)
البته درسته که هر بخش از مغز کاری مجزا انجام میدهد ولی ارتباطات درونی که بین بخشهای مختلف وجود دارد در این مورد پای مخچه که درزمان بندی و هدایت حرکات نرم و آرام نقش دارد یا کمربند قدامی و .. باز میشود.
هربخش از مغزکاری مجزا انجام میدهد نه بلکه به کاری مجزا اختصاص یافته که تحت تاثیر بخشهای دیگر واکنشی متفاوت ممکن است بدهد صحیح تر است. دیده های ما شدیداً تحت تأثیر انتظارات ماست. همچنین، مدل داخلی شماست که حتی زمانی که حرکت میکنید، اجازه میدهد جهان خارج پایدار بماند. تصور کنید میخواستید منظره ای را واقعا به یاد داشته باشید. بنابراین، تلفن همراه خود را بیرون میآورید تا فیلم بگیرید. اما به جای فیلمبرداری هموار صحنه، تصمیم میگیرید که دوربین را مطابق با حرکت چشمانتان حرکت دهید. چشمان شما به صورت حرکات نامنظمی به نام «پرش چشم»(ساکاد در فرانسه به معنی جهش) تقریباسه بار در ثانیه پرش دارند، اگرچه به طور کلی از آن آگاه نیستید. اگر میخواستید از این مورد فیلم بگیرید، فورا می فهمیدید که این کار ممکن نیست: زمانی که آن را باز پخش میکنید، متوجه خواهید شد که تماشای فیلم سریعاً در حال گردشِ شما تهوع آور است. پس چرا هنگامی که به جهان نگاه میکنید، جهان برای شما پایدار به نظر میرسد؟ چرا مانندِ یک فیلم که ضعیف فیلمبرداری شده، نامنظم و تهوع آور به نظر نمیرسد؟ به این دلیل: مدل داخلی شما بر اساس این فرض کار میکند که جهان خارج پایدار است. چشمان شما مانند دوربینهای ویدئویی نیستند، بلکه تنها جستجو میکنند که جزئیات بیشتری برای ارائه به مدل داخلی بیابند. آنها مانند لنز دوربینی نیستند که از طریق آنها میبینید؛ آنها ذراتی از داده ها را برای تغذیهٔ جهان درون جمجمهٔ شما جمع آوری میکنند.

و این هم اساس این داستان:

چرا تصویری که به آن نگاه می‌کنیم با تکان دادن چشمان‌مان تکان نمی‌خورد؟
چشمان ما مدام در حال حرکت هستند. آنها به طور میانگین هر ثانیه سه بارسریع تکان می‌خورند. در هر حرکت، چشمان ما با بالاترین سرعت از یک سمت تصویر به سمت دیگر حرکت می‌کنند. اگر چشمان ما تمام مدت تکان می‌خورند، چرا تصویری که در مغز ما می‌سازند ثابت است؟
حالا می‌دانیم که مغز نقل قول بصری را ویرایش می‌کند. مغز مانند کارگردان واقعیتی که می‌سازیم عمل می‌کند. تثبیت تصویر به دو مکانیسمی بستگی دارد که در حال حاضر در دوربین‌های دیجیتالی آزمایش می‌شوند. مکانیسم اول سرکوب تکانه ای چشم است؛ یعنی وقتی چشمان‌مان را تکان می‌دهیم مغز ثبت تصویر را متوقف می‌کند. به عبارت دیگر، به اندازه‌ی میلی ثانیه‌ای که چشمان‌مان در حال حرکت هست، کور می‌شویم.
این مسئله را می‌توان با آزمایش کوتاهی در خانه نشان داد. روبروی آیینه بایستید و نگاهتان را به یک چشم و سپس به دیگری بدوزید. وقتی این کار را می‌کنید چشمان‌تان تکان می‌خورند(ساکاد). با این حال، آنچه در آیینه می‌بینید چشمان بی‌حرکت‌تان است. این امر نتیجه‌ی کوری میلی ثانیه‌ای در همان لحظه‌ای است که چشمان‌مان را حرکت می‌دهیم.
حتی اگر فیلم ذهنی را با حرکت چشمان‌مان ویرایش کنیم، هنوز هم مشکلی وجود دارد. بعد از دودوئک چشم، تصویر باید مانند فیلم‌های

خانگی یا دوگما، که فریم در هر ثانیه از یک نقطه از تصویر به نقطه‌ی دیگر حرکت می‌کند، حرکت کند. اما این اتفاق نمی‌افتد. چرا اتفاق نمی‌افتد؟ میدان‌های گیرنده در نورون‌های قشر بینایی، که تا حدی مشابه گیرنده‌هایی است که هر پیکسل تصویر را کدگذاری می‌کنند، هم تکان می‌خورند تا حرکت چشم را جبران کنند. این کار جریان ادراکی نرمی ایجاد می‌کند که تصویر علی‌رغم تغییر مداوم فریم ثابت می‌ماند. این نمونه یکی از نمونه‌های بسیاری است که دستگاه حسی ما طبق دانشی که مغز از اعمالی که قرار است انجام دهد دارد خود را تا حد زیادی دوباره تنظیم می‌کند. یعنی سیستم بصری مانند دوربین فعالی است که خود را می‌شناسد و نحوه‌ی ضبط خود را بنا بر برنامه‌ی خود برای حرکت تغییر می‌دهد.

همانطور که میدانید ادراک حسی از احساسات متمایز است. بطور کلی احساسات به عنوان تجربهَ ذهنی در نظر گرفته می‌شوند که دارای مؤلفه‌هایی همچون خوشحالی، خشم، ترس، شگفتی، ناراحتی و نفرت هستند. علاوه بر این هیجانات دارای ویژگی‌های جسمی ملموس هستند. آنها نه‌تنها در ذهن بلکه در کل بدن تجربه می‌شوند ، هیجانات با ترشح و تولید هورمونها و نوروترانسمیترهای مثل کورتیزول ، اپی نفرین ، اکسی توسین و وازوپرسین ، دوپامین و سروتونین و نوراپی نفرین و .... خود را نشان میدهند و بدنبال آن با علائم خارجی همچون حالت‌های چهره و وضعیت بدن همچون خنده‌ها و اشک‌ها و تغییرات ضربان قلب، فشار خون، تنفس و درجه حرارت بدن همراه هستند.

با توجه به اینکه هرگز چسباندن صفتهای منفرد برای هورمونها یا نوروترانسمیترها نمیتواند ۱۰۰ درصد درست باشد ولی تلاش برای یافتن توضیحی ساده برای پیچیدگی‌های رفتار انسان تمایل برای نسبت دادن نقش تنظیم کنندگیِ غالب به اجزای ملکولی منفرد وجود دارد. در این زمینه انتقال دهنده‌های عصبیِ خاص همچون اوکسی توسین هورمون محبت، نوروپپتید عشق، ملکول ترحم؛

دوپامین انتقال دهندهَ عصبی مسرت؛

سروتونین واسطهَ ملکولی خلق و خوی مثبت در این حیطه قرار دارند.

احساسات نیازمند دستگاه لیمبیک است که در مغزی بنام مغز پستانداران موجود است که همین احساسات و هیجانات در پستانداران هم به دلیل اختلاف ساختار مغزی و شرایط محیطی درجه بندی گوناگونی دارد و تنها انسان است که طیف کامل آنچه را که بنام احساسات میشناسیم در برمیگیرد.

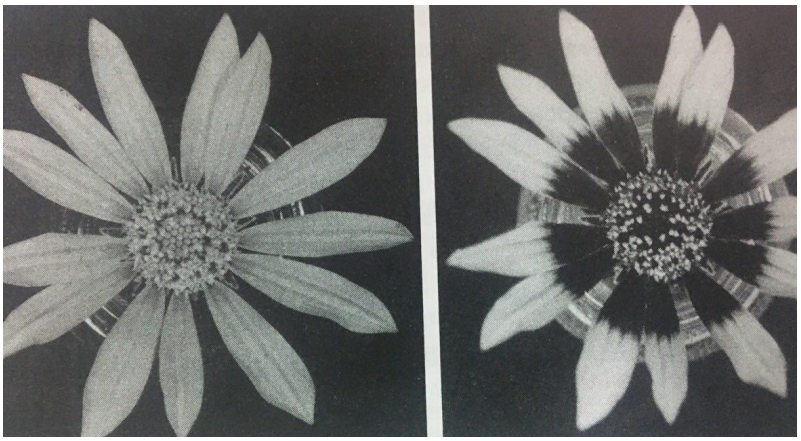
وقتی یک پله پایین تر میرویم به مغز خزندگان میرسیم که اکثراً مربوط به تعادل و تنفس و تپش قلب و جنگ گریز و شکار و فرار ، جفت گیری و قلمروداری میباشد نه فراتر از آن.

پایین تر از مغز خزندگان بشمارش نورونی میرسیم مثلاً مغز زنبور که جز پیشرفته ترین حشرات است با حدود یک میلیون نورون بنظر من چیزی از احساس یا حس همدردی وجود ندارد پس اینجاست که باید ریشه تعاملات اجتماعی را در این قبیل موجودات درهمان اشتراک گذاری اطلاعات در نوع بسیار ساده یعنی هشدار برای بقا جستجو کرد که آن را هم با شناخت ادراک حسی آنها که ممکن است برای ما غیر قابل لمس و ناشناخته باشد باید بررسی کرد (تشخیص قطبش نور خورشید و رقص زنبورها برای اطلاع رسانی برای منبع غذا را حتماً یادتان هست).اینکه آیا حیوانات (غیر از انسان) دارای تجربهَ ذهنی از احساسات به همراه هیجانات هستند یا خیر موضوعی است که هنوز به صورت حل نشده و مورد بحث و مجادله باقی مانده است. برخی اعتقاد دارند که زبان برای تولید یک تجربهَ ذهنی آگاه لازم است و فقدان توانایی زبانی تنها توانایی برای پاسخی ناآگاهانه و واکنشی را بدنبال دارد. با این‌حال شاید جامع‌ترین فرضیهَ پذیرفته شده این باشد که حیوانات دارای تجربهَ ذهنیِ قابل توجهی شامل توانایی احساس هیجاناتی همچون خوشحالی و درد هستند و احساساتی را که قبلاً تجربه کرده‌اند را به یاد می‌آورند و پیش‌بینی می‌شود دوباره آنها را احساس کنند. (البته از انسان به پستانداران و از پستانداران به خزندگان و پرندگان و حشرات و ... نوع و شدت متفاوت میباشد)زبان انسان به تجربهَ ذهنی ما اعم از احساسات هیجانی پیچیدگی و ظرافت اضافه می‌کند .

هیجانات معمولاً خودجوش و خودبخود هستند و ممکن است به سرعت پدیدار شوند و بعد از مدت زمان کوتاهی فروکش کنند. آنها به‌عنوان راهنمایی برای چگونگی عکس‌العمل ما نسبت به چیزی درنظر گرفته می‌شوند: عکس‌العمل به هیجان، ترس، خشم، ناراحتی و همدردی.

ممکن است هیجانات به شکلی دیگر جنبه‌های شخصیِ تجربهَ درونی ما نسبت به دیگران را نشان دهند بنابراین هیجانات شکل دیگری از روابط اجتماعی هستند. شاید این به نفع ماست که دیگران از احساس ما مطلع باشند. بروز هیجاناتی همچون شادمانی، همدردی، دلسوزی، تحسین، احترام، محبت و عشق به ما کمک می‌کند با دیگران به تفاهم برسیم و ارتباط برقرار کنیم. هیجانات شالودهَ سیستم‌های اجتماعی جمعی هستند.

تفاوت بین هیجان و خلق و خو : تفاوت معمول بین آنها مربوط به مدت زمان استمرار آنها است. ممکن است هیجانات بسیار کوتاه باشند درحالی‌که خلقیات بسیار طولانی هستند. درحالی‌که هیجانات اغلب از طریق رویدادها و شرایط خاص پدید می‌آیند در مورد خلق و خو نمی‌تواند به این صورت باشد.



موجودات در دنیای خودشون فرگشت یافته اند یعنی ادراک حسی آنها متناسب با نیازشون تکامل یافته ، و ما انسانها بدلیل عدم دسترسی به خیلی از واقعیتهای محیط پیرامونمان وقتی با صحنه ای مواجه میشیم شگفت زده شده و همه مشاهداتمون را به معجزه ، نیروی الهی و ... نسبت میدیم پس برای درک بهتر موضوع به مطلبی که برایتان تهیه کردم توجه بفرمایید کمی طولانیست ولی بسیار جذاب.

زنبورهای عسل در بینایی توانایی هایی دارند که انسان ندارد. شکل زیر یک گل آفتابگردان آفریقایی را نشان می دهد که توسط نور خورشید روشن شده است و بوسیله ی یک لنز که فقط نور مرئی را دریافت می کند (عکس سمت چپ) و لنز دیگر که فرابنفش را هم میگیرد (عکس سمت راست) تصویر برداری شده است. حساسیت بینایی زنبور عسل به ناحیه ی فرابنفش طیف الکترومغناطیس می رسد. طیفی که ما انسان ها برای آن نابینا هستیم.

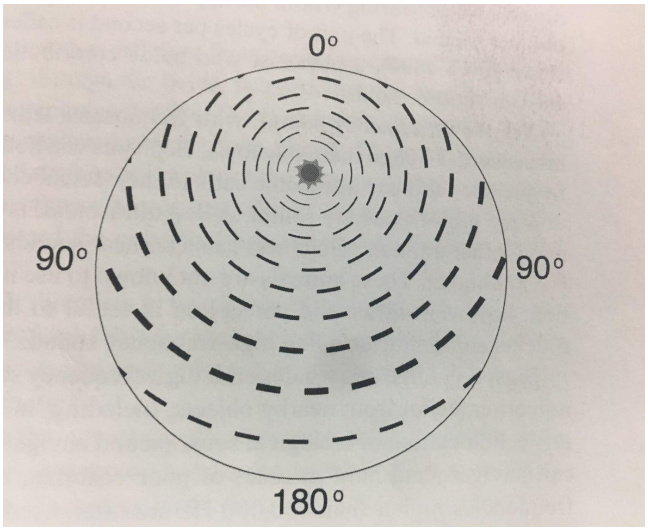
اشعه ی فرابنفش به وفور در نورخورشید وجود دارد. بسیاری از گل ها الگوهایی دارند که برای فرابنفش قابلیت دیدن دارند اما به اندازه ی هیچ تنوع رنگی از ناحیه ی مرئی قابل توجه نیستند. این الگو ها گاهی اوقات راهنمایان شهد نامیده می شوند و تصور می شود که به عنوان خصوصیت بصری برای جذب زنبور ها و دیگر حشرات گرده افشان و پرندگان در نظر گرفته می شود.

اشعه مادون قرمز برای ما قابل مشاهده نیست انرژی اش آنقدر اندک است که نمیتواند گیرنده های نوریِ چشم را فعال کند.

با اینحال، اشعه مادون قرمز توسط بسیاری از مولکولها به نحوی جذب میشود که آنها را مرتعش میسازد. این حرکت ارتعاشیِ مولکولی اگر به اندازه کافی قدرت داشته باشد، ممکن است به شکل گرما تجربه شود.

گروهی از مارها به نام افعی های روزندار (مارهای زنگی در این گروه هستند) وجود دارند که دارای ساختارهایی به نام عضو گودالمانند هستند. این عضوها اشعه مادون قرمز را به شیوه ای مشابه با تشخیص نور مرئی توسط چشمها تشخیص میدهند. عضوهای گودالمانند در زیر چشمها و نزدیک به سوراخهای بینی قرار گرفته اند، و مار را قادر میسازند تا موقعیت حیوانات طعمه را حتی در تاریکی کامل به دقت تشخیص دهد.

ویژگی دیگر تابش الکترومغناطیسی چیزی به نام قطبش است، که میتوان آنرا ارتعاش میدان الکترومغناطیسی دانست که در امتداد زوایای خاصی در رابطه با جهت انتشار همراستا شده است. نور خورشید، که در فضا تابیده میشود، در تمامیِ زوایای ممکنِ قطبش در حال ارتعاش است. با اینحال، هنگامی که نور خورشید با مولکولهای هوا در اتمسفر زمین برخورد میکند.به منظور ایجاد دگرگونی در قطبش در سراسر طاق آسمان پراکنده میشود (تصویر زیر را ببینید). یعنی، زاویه قطبش، و میزانی که نور قطبیده میشود، بسته به اینکه یک فرد به کجای آسمان نسبت به خورشید نگاه میکند، متغیر است.



زاویه و شدت قطبش نور آسمان، که به ترتیب با جهت و ضخامت خطهای کوتاه نشان داده شده است. شدت قطبش در ۹۰ درجه نسبت به موقعیت خورشید به حداکثر میرسد.

این مسئله را میتوان با نگاه کردن از داخل یک فیلتر پلاریزه (مانند عدسیِ عینک آفتابی پلاریزه) در نواحی مختلفی از آسمان در یک روز آفتابی اثبات کرد. متوجه خواهید شد که زاویه قطبش و شدت نور پلاریزه عبوری از عدسی بسته به اینکه به کجای آسمان نگاه کنید تغییر میکند. سیستم بینایی انسان بدون کمک گرفتن از یک فیلتر پلاریزه به این ویژگیِ نور خورشید حساس نیست. با اینحال، بسیاری از حشرات، پرندگان، خزندگان، و سایر حیوانات به این مسئله حساس هستند. این اکتشاف در اصل توسط کارل فون فریش (Karl Von Ferisch)در آزمایشاتی که روی زنبور عسل انجام داد صورت گرفت. برگرفته از نطق او به هنگام دریافت جایزه نوبل: دریافته ام که نمای آسمان آبی همانند نمای خورشید است. هنگامی که آن قسمت از آسمان که برای زنبورها مرئی است توسط ابرها پوشیده میشود، بلافاصله رقصهای آشفته ای پدید میآید. بنابراین زنبورها باید قادر به خواندن موقعیت خورشید در آسمان آبی بوده باشند. جهت ارتعاش نور آبی پلاریزه در ارتباط با موقعیت خورشید در سرتاسر کل طاق آسمان متفاوت است. از اینرو، برای چیزی که قادر به درک جهت ارتعاش است، حتی لکهای از آسمان آبی میتواند موقعیت خورشید را توسط الگوی قطبش آن آشکار سازد. آیا زنبور عسل از این ظرفیت برخوردار است؟

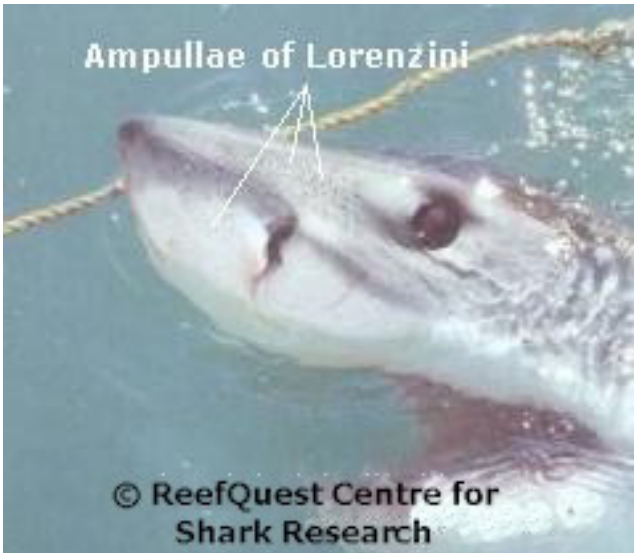
فون فریش در ادامه به انجام آزمایشاتی با فیلترهای پلاریزه پرداخت تا به طور قطعی اثبات کند که زنبورهای عسل از الگوهای قطبش نور خورشید به عنوان وسیله ای کمک رهیاب استفاده میکنند؛ این مسئله نیز کشف فوق العاده دیگری بود (احتمالاً فوق العاده ترین کشف فون فریش زبان رقص زنبورهای عسل بود، که در پاراگراف بالا به آن اشاره شده است، و زنبورها از طریق آن محل منابع غذایی را به هم کندوییهایشان اطلاع میدهند). از آن زمان تا کنون متوجه شده ایم که بسیاری از حشرات و حیوانات به قطبش نور آسمان حساس هستند و از آن به عنوان منبعی از اطلاعات رهیابی استفاده میکنند. این امر میتواند بسیار مفید باشد؛ برای مثال، برای یک سوسک خزنده (Beetle Crawling)در شکاف بین تخته سنگهای بزرگ که تنها قادر است بخش کوچکی از آسمان بالای سر را ببیند.

اشعه ماوراء بنفش، مادون قرمز، و قطبش، ابعادی از تابش الکترومغناطیسی هستند که انسان فاقد حساسیت به آنها است.

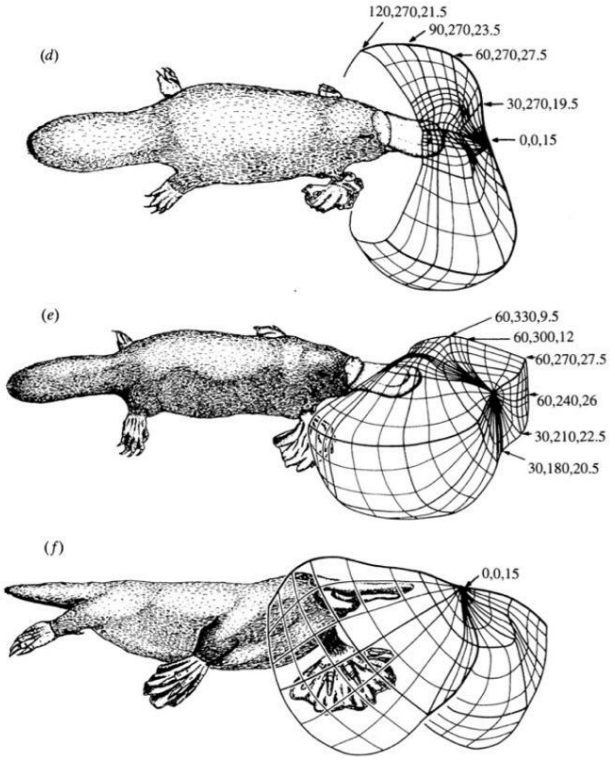
سایر حیوانات ظرفیتهایی را در خود تکامل داده اند تا این پدیده های الکترومغناطیسی را تشخیص دهند و از آنها به طرقی که برایشان سودمند است استفاده کنند.
تفاوتهای مشابهی برای صدا رخ میدهد. گوش و سیستم شنوایی انسان کاملاً حساس و پیچیده هستند و، همانند بینایی، در حساسیتشان محدودیت دارند.
ما انسانها از لحاظ فرکانس ارتعاشات مکانیکی قادر به شنوایی در گسترهی تقریبی ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ سیکل از ارتعاش در ثانیه (هرتز)هستیم. صدایی با فرکانس بسیار پایین، به میزان کمتر از ۲۰ Hz، فروصوت شناخته میشود. گرچه فرکانسهای فروصوت برای ما غیر قابل شنیدن هستند،

اما فیلها هم قادر به تولید و هم قادر به شنیدن این فرکانسها هستند و میتوانند از تماسهای فروصوتی در جوامع اجتماعیشان استفاده کنند.
صدایی با فرکانس بسیار بالا، با نام فراصوت، برای ما قابل شنیدن نیست ولی برای بسیاری از حیوانات دیگر قابل شنیدن است.
سگها و گربه ها قادر به شنیدن صداهایی با فرکانس ٤٠٠٠٠ Hz و بالاتر هستند. این حیوانات از فراصوت در ارتباطاتشان استفاده نمیکنند؛ با اینحال، درک فراصوت در شکار به آنها کمک میکند. بسیاری از جوندگان با استفاده از صداهای فراصوت به ارتباط میپردازند.
خفاشها، دلفینها، و نهنگها صداهایی با فرکانس بالا ساطع میکنند و سپس انعکاس صدا را (پژواک) از اشیاء نزدیک میشنوند؛
این حیوانات با استفاده از این مکانیابیِ پژواکی یا ردیاب صوتیِ زیستی (رهیابی و مسافت یابیِ صدا) قادر به حرکت و شکار در دید اندک و حتی تاریکی کامل هستند.

فرکانسهای فراصوت بالاتر از ۱۰۰۰۰۰ Hz معمولاً توسط خفاشها به کار گرفته میشوند، زیرا طول موجهای بسیار کوتاهِ همراه با فرکانسهای بسیار بالا امکان تشخیص درجات بسیار ظریفی از جزئیات (حدّت فضایی) را فراهم میآورند. این مسئله هنگامی سودمند است که هم خفاش و هم حشره در هوا در حال پرواز هستند و خفاش سعی دارد تا موقعیت حشره را تعیین کند – واقعاً حیرت انگیز است! برخی از حشرات، همانند برخی از بیدها، نیز قادر به شنیدن فراصوت هستند. این مسئله آنان را قادر میسازد تا نزدیک شدن خفاشی را که میخواهد آنها را بخورد، حس کنند و در پروازاقدام به گریز کنند.
نوعی از ادراک حسی که به هر آنچه در حال حاضر شناخته شده است شباهتی ندارد ادراک الکتریکی (تشخیص میدانهای الکتریکی تولید شده توسط موجودات زنده) است. هر موجود زنده ای توسط میدانهای الکتریکی احاطه شده است که ماحصل حرکت یونهای باردار درون موجود هستند.



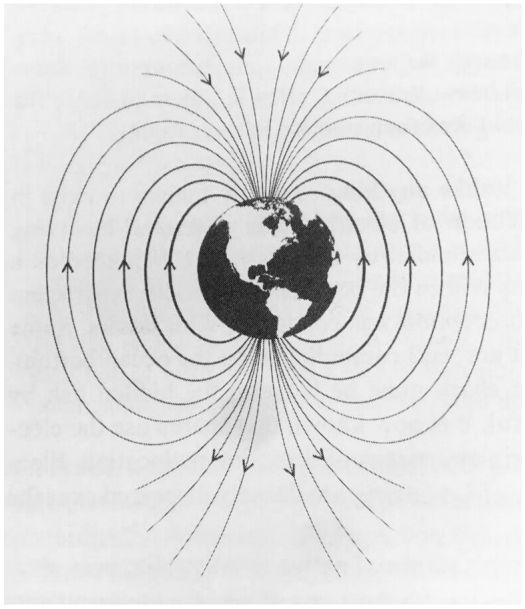
آزمایش کلاسیکی که وجود ادراک الکتریکی را اثبات کرده است روی کوسه ها انجام گرفته است. برخی از کوسه ها قادر به تعیین محل ماهی هایی هستند که به خوبی در کف اقیانوس پنهان شده اند، و به طور کلی باور بر این بود که کوسه باید به واسطه بویایی قادر به تعیین محل ماهیهای پنهان بوده باشد. در عین حال که بو ممکن است واقعاً مفید باشد، در حال حاضر باور بر این است که کوسه ها از میدانهای الکتریکی تولید شده توسط ماهیها به عنوان ابزار اصلی تشخیص محل آنها استفاده میکنند. ساختارهای گیرنده جریان الکَتریکی، که با نام آمپول لورنزینی (Lorenzini)شناخته میشوند، به طور متراکم روی سر کوسه پراکنده هستند.



پلاتیپوس، بومی استرالیا، از گیرنده های الکتریکی واقع در منقارش برای بررسی بستر گِلی محیطهای آبی برای جستجوی میدانهای بیوالکتریک تولید شده توسط حیوانات طعمه، مانند سخت پوستان کوچک و نرم تنان، استفاده میکند.پلاتیپوس، همراه با خویشاوندش به نام اکیدنا، تنها پستانداران شناخته شده ای هستند که از این شکل از ادراک حسی استفاده میکنند.

ماهیان مختلفی که در آبهای تیره رودخانه هایی همچون آمازون در آمریکای جنوبی زندگی میکنند نیز از ادراک الکتریکی استفاده میکنند. این ماهیان همچنین دارای ساختارهایی هستند که میدانهای الکتریکیِ نوساندار (قویتر از میدانهای بیوالکتریکیِ تولید شده توسط تمامیِ موجودات زنده) تولید میکنند و سپس این میدانهارا در محیط اطراف انتشار میدهند. برخی از این میدانهای نوساندار به منظور برقراری ارتباط با سایر اعضای همان گونه استفاده میشوند. گونه های مختلف ماهیهای الکتریکی توسط میدانهایی با فرکانسها و الگوهای مشخص متمایز میشوند. همچنین، میدانهای الکتریکیِ تولیدی توسط ماهیها توسط زمینهای اطراف تغییر میکنند، و به این ترتیب امکان حس کردن حضور جانوران و موانع نزدیک، به شیوه ای که تا حدودی مشابه با مکانیابیِ پژواکی (نوعی از مکانیابیِ الکتریکی) است،برای ماهیان فراهم میشود.

با اینحال، شکل دیگری از ادراک حسی که با هر آنچه در حال حاضر شناخته شده است فرق دارد، احساس میدانهای مغناطیسی و به خصوص، میدانهای مغناطیسی تولید شده توسط زمین است. ژئومغناطیس زمین توسط حرکتهای در مقیاس بزرگ اتمهای مغناطیسی در بخش درونیِ مذاب زمین تولید میشود. شدت میدان ژئومغناطیس بر روی سطح این سیاره متغیر است؛ به طوری که قویترین شدت میدان در قطبهای مغناطیسی شمال و جنوب و ضعیفترین آن در نزدیکی خط استوا است .جهت بردارهای میدان مغناطیسی به سمت قطبین اشاره دارد و این بردارها در نزدیکی قطبین با شیب بیشتری متمایل میشوند.



در نزدیکی خط استوا، جهت بردار تقریباً افقی و موازی با سطح است. بزرگی و جهت این میدان ژئومغناطیسی اطلاعات مفیدی برای رهیابی فراهم میآورد. ما انسانها از یک ابزار با نام قطبنمای مغناطیسی برای اندازه گیری جهت میدان مغناطیسی استفاده میکنیم.

انسانها در حدود هزار سال پیش شروع به درک ابزار رهیابیِ میدان مغناطیسی زمین کردند. حیوانات برای اعصار متمادی در مسافتهای طولانیِ پیرامون این سیاره در حال حرکت بوده اند؛ بسیاری از حیوانات – از قبیل پرندگان، ماهیها، و لاک پشتها – با دقت زیادی در این فواصل مهاجرت کرده اند. متوجه شده اند که برخی از آنها پس از هزاران مایل سفر، سال به سال به همان مکانهای دقیق قبلی باز میگردند. اگر انسانها در طول چند صده گذشته فهمیده اند که چگونه قطب نماهای مغناطیسی بسازند و از میدان ژئومغناطیسی به عنوان منبعی برای اطلاعات رهیابی استفاده کنند، این دقیقاً حالتی است که حیوانات نیز، با توجه به میلیونها سال تکامل، راههایی را برای انجام این کار پیدا کرده اند.

در واقع، مشخص شده است که حیوانات از منابع اطلاعاتی متعددی راجع به مکان و جهت استفاده میکنند تا در هنگام مهاجرت و سایر

رهیابی هایشان راهنمایی شوند؛ این منابع عبارت هستند از: موقعیت خورشید، بوها، صداها، نشانه های بصری، و غیره. در حال حاضر شواهد زیادی مبنی بر این مسئله وجود دارد که بسیاری از حیوانات میدان ژئومغناطیسی را تشخیص میدهند و از آن به عنوان وسیله کمک رهیاب استفاده میکنند. آزمایشاتی که روی پرندگان، ماهیها، لاک پشتهای دریایی، و زنبورهای عسل انجام گرفته اند، تاثیر میدانهای مغناطیسی را بر رفتار این موجودات اثبات کرده اند.

کبوتر (کولومبا لیویا Columba Livia که فکر میکنم همان کفتر چاهی باشد)یکی از حیواناتی است که حرفه رهیابی آن به بهترین شکل بررسی شده است و دلیل انتخاب آن در این بررسیها، قابلیت رهیابیِ بسیار دقیق و نسبتاً آسان آن برای مطالعه بوده است. اگر کبوتری را مایلها از لانه اش دور کنیم و آنرا به آسمان رها کنیم، فوراً به خانه اش باز میگردد. این رفتار کبوتر آنقدر قابل اتکا است که از دوران باستان از کبوترها برای حمل پیغامها از جایی به جای دیگر استفاده میکرده اند و همچنین آنها را به طور انتخابی پرورش میداده اند تا پس از رهاسازی در فاصله ای دور، در پرواز آنها به خانه تسریع ایجاد شود. طی مجموعه کلاسیکی از آزمایشات که در حدود سال ۱۹۷۰ انجام گرفتند، اثبات گردید که یک آهنربای کوچک متصل به بدن کبوتر به شدت با توانایی او برای رهیابی به سمت خانه در روزهای ابری، که موقعیت خورشید قابل رویت نیست، تداخل ایجاد میکند. چند دهه بعد، هنوز هم ساختارهای حسی که کبوترها و سایر حیوانات به وسیله آنها میدان ژئومغناطیسی را تشخیص میدهند ناشناخته باقی مانده است. فرضیه های مختلفی پیشنهاد شده است، که از آن میان میتوان به فرضیه همترازیِ ذرات کوچک مغناطیسی اشاره کرد که به نظر میرسد در کبوترها و سایر حیوانات رخ میدهد. فرضیه دیگر، اثرات مغناطیسی روی همترازیِ اسپینهای الکترونی در برخی از مولکولهای فعال شده توسط نور در چشم پرندگان است. یک رمز شیرین دیگر!

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی، فرکانسهای صوتیِ بسیار پایین و بسیار بالا، اشعه های ماوراء بنفش و مادون قرمز، قطبش نور – این موارد حداقل تا جایی که ما میدانیم توسط انسانها قابل ادراک نیستند. علاوه بر این، برخی از حیوانات تشخیص بوی پیچیده تری از ما دارند، برخی دید رنگ بهبود یافته تری دارند، و برخی هم حدت بینایی بهتری دارند. به احتمال زیاد، جهان، آنطور که توسط حیواناتی که تواناییهای ادراک حسیِ متفاوتی نسبت به ما دارند تجربه شده است، از منظرهای قابل توجهی با جهانی که ما آنرا شناخته ایم تفاوت دارد. ماهی بودن و زندگی کردن در آبهای تیره آمازون، و برقراری ارتباط با سایر ماهیها از طریق میدانهای الکتریکیِ نوساندار و تشخیص حضور اشیاء نزدیک توسط ادراک الکتریکی، شبیه به چه چیزی است؟

پس زین پس وقتی چیزی را که نمیتوانید با ادراک خود حس کنید به تخیلات و توهمات پیوند ندهید.

فصل هشتم

پاداش

در قلمرو حیوانات همه ی موجودات در جستجوی پاداش اند.

پاداش چیست؟ در حقیقت چیزی است که بدن را به سمت مجموعه ای از نقاط ایده آل اش حرکت می دهد(تا بقا پیدا کند).
هنگامی که بدن شما در حال از دست دادن آب است، آب یک پاداش است؛ در هنگام اتمام ذخیره ی انرژی شما غذا یک پاداش است. آب و غذا پاداش های اولیه نام دارند که مربوط به نیاز های زیستی هستند. اما اغلب رفتار های انسان به وسیله ی پاداش های ثانویه کنترل می شوند که چیز هایی هستند که پاداش های اولیه را پیش بینی می کنند. به عنوان مثال دیدن یک مکعب مستطیل فلزی به تنهایی نمی تواند چیز قابل توجهی برای مغز باشد، اما به دلیل اینکه شما از روی یادگیری قبلی این جسم را به عنوان منبع آب می شناسید دیدن آن وقتی تشنه هستید یک پاداش در نظر گرفته می شود. در مورد انسان ها، ما حتی می توانیم مفاهیم خیلی انتزاعی را نیز پاداش به حساب آوریم؛ مانند این احساس که بخاطر فعالیت های اجتماعی خود ارزش گذاری خواهیم شد؛ و بر خلاف حیوانات بدلیل سیر تکاملی اغلب می توانیم این پاداش ها را نسبت به نیاز های زیستی در اولویت قرار دهیم.

کوسه ها هیچگاه اعتصاب غذا نمی کنند. حیوانات تنها به دنبال نیاز های اساسی خود هستند در حالی که تنها انسان ها هستند که بخاطر مفاهیم انتزاعی ایده آل خود و رسیدن به پاداشهای ثانویه حاضرند از این نیاز ها چشم پوشی کنند. ما با تعدادی احتمالات مواجه هستیم، اطلاعات درونی و بیرونی را برای پیدا کردن بیشترین پاداش جمع آوری می کنیم؛ هر چند این بیشترین پاداش در نگاه هر فرد متفاوت است.
این مورد(درالویت قرار دادن پاداشهای انتزاعی ثانویه به پاداشهای اساسی و زیستی) و نوروپلاستیسیتی مغز دلایل اصلی گذشت و چشم پوشی و کنترل احساسات ما از آنچه که تاکنون بوده است میباشد.
غیر از مواردی محدود که بیشتر شامل خوردن و نوشیدن چالش ما بر خلاف تمامی حیوانات در مورد هر نوع پاداش–اساسی یا انتزاعی– این است که آنها وابسته به نوع شان همان لحظه ثمر نمی دهند. ما همیشه مجبوریم در باره عمل هایی تصمیم گیری کنیم که پاداش آن ها بعدا معلوم خواهد شد. مردم به مدرسه می روند بخاطر ارزشمند بودن داشتن مدرک درآینده شان؛ خود را اسیر شغلی می کنند که دوست ندارند به این امید که در آینده ترفیع بگیرند؛ و خودشان را زیر فشار ورزش های دردناک قرار می دهند تا اندام متناسبی داشته باشند. مقایسه ی گزینه های مختلف به این معناست که به هرکدام ازآنها با توجه به انتظارات رایج خود یک امتیاز اختصاص دهیم و سپس گزینه ای که بیشترین ارزش را برای ما دارد انتخاب کنیم
سفر در زمان چیزی است که مغز انسان به طور خستگی ناپذیر آن را انجام می دهد. هنگام مواجهه با یک تصمیم گیری مغز ما نتیجه های مختلف را شبیه سازی می کند تا یک دورنما از اتفاقی که ممکن است در آینده رخ دهد تولید کند. به طور ذهنی، ما می توانیم از زمان حال جدا شده و به دنیایی سفر کنیم که هنوز وجود ندارد. شبیه سازی یک وضعیت در ذهن من تنها قدم اول است؛ برای تصمیم گیری بین وضعیت هایی که متصور اند، سعی می کنم پیش بینی کنم که در هر کدام از این آینده های بالقوه، پاداش چه خواهد بود.

انتخاب آسان نخواهد بود زیرا تمام ارزیابی ها متنوع اند.

راهی وجود ندارد که بفهمم پیش بینی های من دقیق خواهند بود یا نه. اساس تمام شبیه سازی های من فقط تجربیات گذشته ام هستند و مدل های کنونی من از اینکه جهان چگونه کار می کند. مانند تمام حیوانات، ما نمی توانیم با این امید که به طور تصادفی در آینده چه نتایج و پاداش هایی اتفاق خواهند افتاد سرگردان باشیم. در عوض، کار کلیدی مغز پیش بینی است؛ و برای هر چه منطقی تر انجام شدن آن نیاز داریم که با توجه به تجربیاتمان دائما درباره ی جهان چیز های جدیدی یاد بگیریم. بنابر این در این مورد من با توجه به تجربیات قبلی ام هر کدام از گزینه ها را ارزیابی می کنم. با کمک یک استودیوی هالیوودی در ذهن مان در زمان به سمت آینده ای که تصور کردیم سفر می کنیم تا ببینیم هر کدام از گزینه ها در آینده چه ارزشی خواهند داشت، و تصمیمات من اینگونه ساخته می شوند: مقاسیه ی آینده های احتمالی با یکدیگر. به این ترتیب من گزینه های در حال رقابت را به پاداش های آینده ی با ارزش های مختلف تبدیل می کنم.مانند یک ارزیابی به هرکدام از پاداش های پیش بینی شده فکر می کنم و میزان خوبی آینده ی آنها را در ذهن نگه می دارم.
جهان پیچیده است، بنابراین ارزیابی های درونی ما هیچ وقت نمی توانند با یک جوهر دائمی نوشته شوند.ارزش گذاری شما راجع به تمام چیز هایی که اطرافتان است قابل تغییر است زیرا در اغلب موارد پیش بینی های ما با چیزی که در واقعیت اتفاق می افتد دقیقا

مطابقت ندارند. کلید یادگیری موثر در دنبال کردن این خطاهای پیش بینی ها نهفته است: تفاوت نتیجه ی پیش بینی شده ی یک انتخاب و نتیجه ای که در واقعیت اتفاق افتاده است.

هنگامی که بین تصور قبلی شما و واقعیت یک عدم تطابق وجود داشته باشد سیستم دوپامینی مغز میانی یک سیگنال را مخابره می کند که ارزش آن انتخاب را تغییر می دهد. این سیگنال به بقیه ی اجزای سیستم اطلاع می دهد که اوضاع بهتر از آن چیزی است که پیش بینی می شد(افزایش ترشح دوپامین) یا بدتر از آن است(کم شدن دوپامین). این خطای پیش بینی به سایر اجزای مغز اجازه می دهد که انتظارات خود را تطابق دهد تا در دفعات بعدی انتخابش به واقعیت نزدیک تر باشد. دوپامین به عنوان یک اصلاح کننده ی خطا عمل می کند.

فصل نهم

توّهم

جهان پیرامون شما، با تمامی رنگها، بافتها، صداها، و بوهای متنوع آن یک توهّم است؛ نمایشی است که مغز شما برای شما ترتیب داده است اگر میتوانستید واقعیت را طوری درک کنید که واقعا هست، به خاطر خاموشی بی رنگ، بی بو و بیمزگی آن شوکه میشدید. خارج از مغز شما، تنها انرژی و ماده وجود دارد. در طول میلیونها سال تکامل، مغز انسان در تبدیل این انرژی و ماده به یک تجربهٔ غنی حسی از بودن در جهان مهارت یافته است. چگونه؟

توهّم واقعیت از لحظه ای آغاز میگردد که صبح از خواب بیدار، و با هجومی از نور، صداها و بوها احاطه میشوید. حواستان غرق میشود. تنها کَاری که باید انجام دهید، این است که هر روز ظاهر شوید، و بدون هیچگونه فکر و یا تلاش، در واقعیت انکارناپذیر جهان غوطه ور میشوید. اما چقدر از این واقعیت ساخته و پرداختهٔ مغز شماست و تنها در سر شما اتفاق میافتد؟

به تصاویری که دوست ارجمند جناب معتمدی فرستادند با دقت نگاه کنید ،توهّماتی مانند اینها اولین سرنخی برای ما هستند که نشان میدهندتصویر ما از جهان خارج لزوما یک بازنمایی دقیقا درست نیست. درک ما از واقعیت با آنچه که در خارج اتفاق میافتد، ارتباط کمی دارد، و بیشتر مربوط به اتفاقات درون مغز ماست. تجربهٔ شما از واقعیت طوری است که به نظر میرسد شما از طریق حواس خود، دسترسی مستقیمی به جهان دارید.

میتوانید به مواد جهان فیزیکی مانند صفحه موبایلتان و یا صندلی یا مبلی که روی آن نشسته اید، دسترسی پیدا کرده و آنها را لمس کنید. اما این حس لامسه یک تجربهٔ مستقیم نیست. اگرچه احساس میکنید که لمس در انگشتان شما دارد اتفاق میافتد، اما در واقع، در مرکز کنترل مغز دارد اتفاق میافتد. این همان چیزی است که در تمام تجربیات حسی شما صادق است، دیدن در چشم شما، شنیدن در گوش شما و بوییدن در بینی شما اتفاق نمیافتد. همهٔ تجارب حسی شما در طوفانی از فعالیتها در درون مواد محاسباتی مغز شما دارد اتفاق میافتد. نکتهٔ کلیدی این است: مغز به جهان خارج دسترسی ندارد و در اتاقک خاموش و تاریک جمجمهٔ شما مهروموم شده است، مغز شما هرگز مستقیما جهان خارج را تجربه نکرده، و هرگز نخواهد کرد. در عوض، تنها یک راه وجود دارد که اطلاعات از خارج به مغز شما راه پیدا میکنند. اندامهای حسی شما –چشم، گوش، بینی، دهان، و پوست– کار ترجمه را بر عهده دارند. آنها حجم رنگارنگی از منابع اطلاعاتی (از جمله فوتون، امواج فشرده سازی هوا، غلظت مولکولی، فشار، بافت، دما) را تشخیص داده و به «پول رایجِ» مغز ترجمه میکنند: سیگنالهای الکتروشیمیایی.

این سیگنالهای الکتروشیمیایی در شبکه های متراکم نورونها، سلولهای اصلی سیگنال دهی مغز، سریع حرکت میکنند. در مغز انسان هشتاد و شش میلیارد نورون وجود دارد، و در هر ثانیه از عمرتان، هر نورون دهها یا صدها پالس الکتریکی را به هزاران نورون دیگر میفرستد. (نورونها از طریق «انتقال دهنده های عصبی» با یکدیگر در ارتباط هستند، غشای آنها سیگنالهای الکتریکی را به سرعت در امتداد طول خود منتقل میکند.

هر چیزی که تجربه میکنید، هر منظره، صدا و بویی، به جای اینکه یک تجربهٔ مستقیم باشد، بازگردانی الکتروشیمیایی در یک تئاتر تاریک است.

مغز چگونه الگوهای بسیار زیاد الکتروشیمیایی خود را به درک مفیدی از جهان تبدیل میکند؟ این کار را با مقایسهٔ سیگنالهای دریافتی از ورودیهای مختلف حسی، و تشخیص الگوهایی انجام میدهد که باعث میشود مغز بتواند دربارهٔ آنچه که در خارج وجود دارد، به بهترین نحو حدس بزند. عملیات آن چنان قدرتمند است که به نظر میرسد کار آن بدون هیچ تلاشی انجام شده است. بیایید نگاه نزدیکتری داشته باشیم. بیایید با غالب ترین حس خود شروع کنیم: بینایی. عمل دیدن آنچنان طبیعی احساس میشود که سخت است بتوان قدر ماشین عظیم مسئول آن را دانست. حدود یک سوم از مغز انسان به مأموریت بینایی اختصاص داده شده است، یعنی به تبدیل فوتونهای اولیهٔ نور به چهرهٔ مادرمان یا حیوان خانگی دوستداشتنیمان، و یا مبلی که در شرف چرت زدن روی آن هستیم.

بینایی تنها وابسته به فوتونهایی نیست که میتوانند به آسانی توسط قشر بینایی ترجمه شوند. در عوض، تجربه ای شامل تمام بدن است. سیگنالهایی که به مغز میآیند، تنها میتوانند با تمرین درک شوند، که به ارجاعات متقابل سیگنالها با اطلاعاتی از کارها و پیامدهای حسی ما نیاز دارند. این تنها راهی است که مغز ما میتواند معنای واقعی داده های بصری را ترجمه کند. اگر از بدو تولد، نمیتوانستید با جهان به طریقی تعامل داشته باشید و از بازخورد معنای اطلاعات حسی، کارهایتان را انجام دهید، از لحاظ نظری، هرگز قادر به دیدن نمیبودید. هنگامی که نوزادان به میله های تختخواب میخورند و انگشتان خود را میجوند و با لگو بازی میکنند، آنها فقط سرگرمی نمیکنند، بلکه

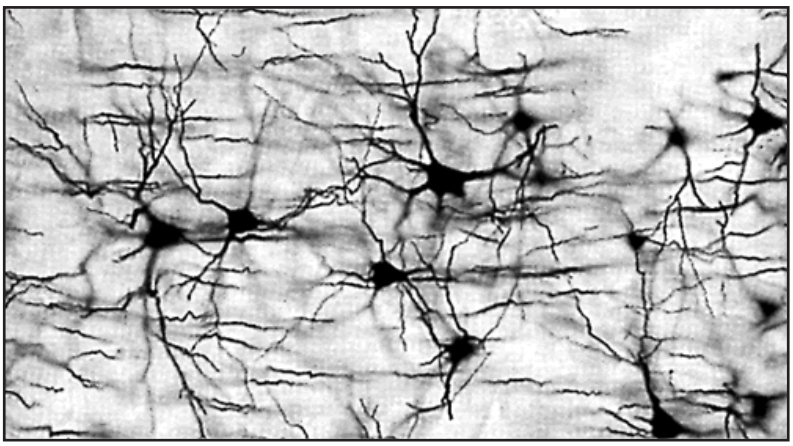
دارند سیستم بصری خود را پرورش میدهند. مغز آنها در تاریکی دارد یاد میگیرد که کارهای فرستاده شده به جهان (چرخاندن سر، هل دادن، رهاکردن) چگونه ورودی حسی برگشتی را تغییر میدهد. در نتیجهٔ آزمایش گسترده، بینایی پرورش مییابد. به نظر میرسد برای دیدن تلاشی نمیکنیم، (اما البته چنین نیست) به طوری که دشوار است تلاش مغز در این راه را درک نمود.
ادراک ما مستلزم آن است که مغز با جریانهای مختلف داده های حسی در برابر یکدیگر مقایسه کند، اما چیزی وجود دارد که این نوع مقایسه را به یک چالش واقعی تبدیل میکند، و آن مسئلهٔ زمانبندی است. تمامی جریانهای داده های حسی –بینایی، شنوایی، لامسه، و غیره– توسط مغز با سرعتهای مختلف پردازش میشوند.

طی آزمایشی مشخص گشته کهفرآیندهای مغزی صدا سریعتر از دیدن هستند. و با این حال، دقت کنید زمانی که شما در مقابل خود دست میزنید، چه اتفاقی میافتد. امتحان کنید. همه چیز هماهنگ به نظر میرسد. با توجه به اینکه صدا سریعتر پردازش میشود، این امر چطور ممکن است؟ این یعنی درک شما از واقعیت نتیجهٔ نهایی ترفندهای ویرایش فانتزی است: مغز تفاوت زمانهای رسیدن را پنهان میکند. چگونه؟ آنچه که به عنوان واقعیت در اختیار شما قرار میدهد، در واقع یک نسخهٔ باتأخیر است. مغز شما تمام اطلاعات را از حواس جمع آوری میکند و سپس، بر این اساس، دربارهٔ اتفاقات تصمیم میگیرد. این مشکلات موجود در زمان بندی به شنیدن و دیدن محدود نیستند. پردازش هر نوع اطلاعات حسی به زمان متفاوتی نیاز دارد. برای حتی پیچیده ترکردن موضوع، باید بدانیم که حتی در یک حس، تفاوت زمانی وجود دارد. برای نمونه، سیگنالها برای رسیدن به مغز از انگشت بزرگ پا در مقایسه با بینی به زمان بیشتری نیاز دارند. اما هیچ یک از اینها برای درک شما روشن نیستند: شما ابتدا تمام سیگنالها را جمع آوری میکنید، لذا همه چیز هماهنگ به نظر میرسد. نتیجه عجیب وغریب همهٔ اینها این است که شما در گذشته زندگی میکنید. در زمانی که فکر میکنید لحظه ای رخ میدهد، این لحظه مدتها تمام شده است. برای همگام سازی اطلاعات دریافتی از حواس، هزینه این است که اطلاع آگاهانهٔ ما از جهان فیزیکی تأخیر دارد. این فاصلهٔ زمانیِ برطرف نشدنی بین یک رویداد در حال وقوع و تجربهٔ آگاهانه ما از آن است. وقتی که حس قطع میشود، آیا این جریان نیز متوقف میشود؟ تجربهٔ ما از واقعیت ساخته و پرداختهٔ نهایی مغز است. اگرچه بر اساس تمامی جریانهای داده از حواس ماست، اما وابسته به آنها نیست. از کجا میدانیم؟
اگر بخواهیم به عبارت دیگر پیرامون انتظارات دقیق دربارهٔ جهان صحبت کنیم، باید بگوییم که آنچه مغز «حدس میزند»، که در خارج خواهد بود، توسط قشر بینایی به تالاموس منتقل میشود. سپس، تالاموس آنچه را که از چشم میآید، مقایسه میکند. اگر مطابق انتظارات باشد («زمانی که سرم را میچرخانم، باید آنجا یک صندلی ببینم)، فعالیت بسیار کمی به سیستم بینایی باز میگردد. تالاموس به سادگی بر اساس تفاوتهای بین گزارش چشم، و پیش بینی مدل داخلی مغز گزارش میدهد. به عبارت دیگر، آنچه به قشر بینایی بازفرستاده میشود، چیزی است که طبق انتظار پیش نرفته است (که «خطا» نیز نام دارد): بخشی که پیشبینی نشده بود. بنابراین در هر لحظه ای، تجربهٔ ما از دیدن کمتر وابسته به نوری است که به چشم ما میرسد، و بیشتر وابسته به چیزی است که داخل سر ماست.

فصل دهم

ساختار مغز

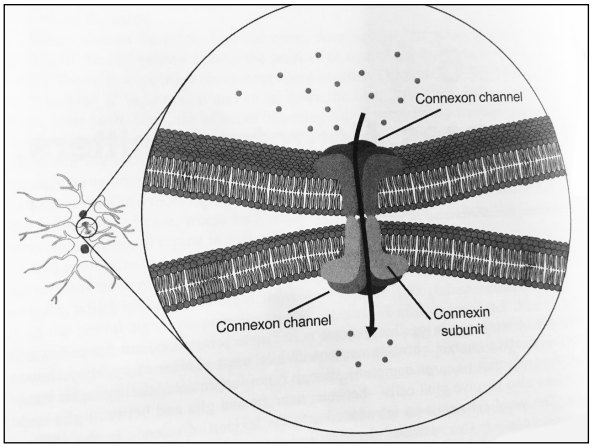
در اینجا قصد دارم کمی راجع به نوروگلیا یا سلولهای گلیا یا گلیال که برگرفته از کلمه Glue به معنی چسب میباشد صحبت کنم.
سلولهای مغزی دو نوعند ***نورونها و گلیاها*** .
مدتها نسبت سلولهای گلیال به نورونها ۱۰ به ۱ و بعدها ۳ به ۱ و امروزه ۱ به ۱ تخمین زده شده است.
دو مسیر تولیدی مجزا بنام نوروژنز و گلیوژنز وجود دارد.
میلین وقتی تشکیل می‌شود که انواع خاصی از سلول‌های گلیایی (اولیگو دندروسیت های مغز و سلول‌های شوان در دستگاه عصبی محیطی) بدنه‌های صاف بزرگی را ایجاد کرده و دور آکسون بارها و بارها می‌پیچند (الیگو دندروسیتها چندین آکسون را میتوانند میلین دار کنند ولی هرسلول شوان فقط یک آکسون را) .



میلین تا حد زیادی متشکل از لایه‌های غشاء دولایه‌ای چربی است. حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از وزن خشک میلین را چربی تشکیل می‌دهد. بیش از ۲۵ درصد از این چربی، کلسترول است.

سلولهای گلیال بصورت بسطهایی نورونها را از طریق آکسونها یا دندریتها بهم میچسبانند پروفسور آمپارو آکر پالمر میگوید احتمالاً رشد شبکه های عصبی و عروق خونی در لایه های قشر مغزخلاف جهت هم وتوسط مولکولهای یکسانی کنترل میشوند این ارتباطات نزدیک بین سلولهای اندوتلیال در مویرگهای خونی و سلولهای گلیال آستروسیت در سد خونی مغزی نیز استفاده میشود.
سلولهای گلیال آستروسیت در اطراف مویرگهای خونی میپیچند و از ورود مواد مضر موجود در جریان خون به مغز جلوگیری میکنند.
البته سد خونی مغزی داستانی اساسی تر دارد (در فرصتی دیگر....)
ما در دوران تحصیلی مدرسه و دانشگاه برای فهم ساده ساختار مغز دچار بدفهمیهای بسیاری شده ایم.
دوستی از من میپرسید بین نورونها چیست ؟ ما همیشه در تصاویر بصورت طولی یک نورون از جسم سلولی ، دندریتها و یک آکسون دراز تشکیل شده که این با یک نورون دیگر از انتهای آکسونی دیگر یا با دندریتهای نورونی دیگر سیناپس تشکیل میده و یا در اغلب انیمیشنهایی در این زمینه طوری نورونها و اتصالاتشون به تصویر کشیده میشه که انگار مثلاً سیارات منظومه شمسی را بخواهید با خطی بهم وصل کنید بنابراین فضای خالی بین آنها کاملاً مشهود است.
این تصاویر بر مبنای رنگامیزی گلژی بنا نهاده شده است (هم جسم سلولی هم دندریتها هم آکسونها رنگ میشوند) دانشمندان علوم اعصاب بیشتر از یک قرن از روش رنگ کردن گلژی استفاده کرده‌اند ولی همچنان معلوم نیست چرا تقریباً یک درصد از یاخته‌های عصبی در آن رنگ می‌شوند! یک درصد کاملاً رنگ می‌شوند و ۹۹ درصد دیگر اصلاً رنگ نمی‌شوند(این فضای خالی همان ۹۹ درصدیست که رنگ نمیشوند).شاید علت این است که این یاخته‌ها اخیراً فعال یا غیرفعال بوده‌اند یا اینکه علت چیز دیگری است که به وضعیت اخیر فیزیولوژی سلول ربط دارد. درک این اسرار کم‌اهمیت جذاب است!چرا کم اهمیت چرا که امروزه براحتی با شیوه های جدید میکروسکوپ الکترونی آنچه را که میخواهند بفهمند میبینند.
اما واقعیت چیست ؟
همانطور که همه شما بهتر از من میدانید در تقسیم سلولی فاصله بزرگی مثل فضای خالی بین تک تک سلولها نمیفتد این تقسیمها روی هم بر میگردند(اگر نورونها تک تک بدنبال هم میخواستند متصل شوند طول مغز بیست کیلومتر میشد)در مغز هم همینطور هست این فضای بظاهر خالی توسط سلولها یا بسطهای گلیایی و عروق خونی پرشده است
ماکزیمم فاصله ای که نورونها با هم یا گلیالها با هم یا بین نورون و گلیالی میتواند وجود داشته باشد ۲۰ نانومتر است همان شکافهای سیناپسی همانطور که میدانید پیامهای الکتریکی نورونها در سیناپس بصورت شیمیایی منتقل میشود به این سیناپسها شیمیایی میگویند اما خود

نورونها با هم از جسم سلولی به جسم سلولی مجاور یا آکسون به آکسون مجاور از طریق پروتئنهایی که با هم مچ میشوند بنام کانکسین میتوانند سیناپسهای الکتریکی را شکل دهند که یونهای باردار بین دو نورون جابجا شوند.

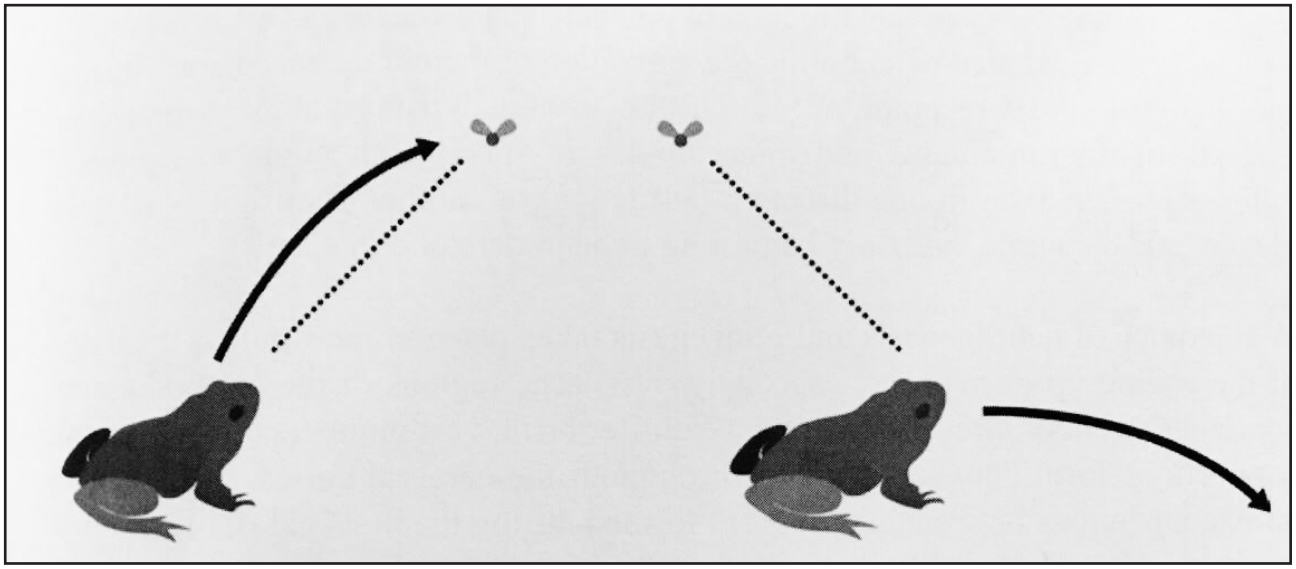


اما فاجعه ای که شاید ندانیم نوروپیلهای قشر مغز هستند.
هر میلیمتر مکعب از قشر مغز ناحیه متراکم بسته بندی شده ای از نورونها و گلیالها همراه با الیاف آکسونی و دندریتیِ بیشمار و فرآیندهای آستروسیتیک، نوروپیل نامیده میشوند (پیلوس در یونانی به معنای مو است). هنگامی که با بزرگنمایی بالا با میکروسکوپ الکترونی نگاه میکنیم، نوروپیل توده متراکمی از ساختارهای به شدت بسته بندی شده به نظر میرسد. هر چه شکاف در میان ساختارها وجود دارد بسیار باریک، حداکثر حدود ۲۰ نانومتر، هستند. سیناپسهای شیمیایی و الکتریکی متعددی وجود دارد – شاید بیشتر از یکصد میلیون سیناپس تنها در یک میلیمتر معکب از نوروپیل وجود داشته باشد.
تمام این سلولها و ساختارهای زیر سلولی با ذرات باردار سیال انباشته شده اند و در حال تولید میدانهای الکترومغناطیسی هستند – میدانهایی که بر روی فعالیت نورونهای مجاور تاثیر میگذارند. این میدانهای الکتریکی، پتانسیلهای میدانهای موضعی نامیده میشوند، و تاثیرشان روی نورونهای مجاور جفتشدگیِ افاپتیک ephaptic (ep در یونانی = نزدیک، haptein= لمس) نامیده میشود. سیناپسهای شیمیایی، سیناپسهای الکتریکی، پتانسیلهای میدانهای موضعی، و جفتشدگیِ افاپتیک – نوروپیل ساختار الکترودینامیکیِ فوق العاده پیچیده ای است.

میکروگراف الکترونیِ نوروپیل از هیپوکامپ موش صحرایی. دندریتها، اکسونها، و اَجسام سلولی در مقطع عرضی نشان داده شده اند. میتوکندریها و وزیکولهای ناقلین عصبی قابل رویت هستند. خط مقیاس = ۱ میکرومتر.

مغزها شامل پیچیدگیهای ساختاری و عملکردی میشوند که طی صدها میلیون سال آزمایشگری و پالایش تکاملی تخلیص شده اند. این مفهوم که ما میتوانیم با مکانیابیِ موقعیت تمامی سلولها و تمامی اتصالاتشان مغز انسان را کشف نماییم، و حتی شاید یک نوع المثنی را با استفاده از مدارهای مجتمع بسازیم، به شکل وسیعی منجر به دست کم گرفتن تفاوت ظریف و پیچیدگی موجود در چیزی میشود که در حال وقوع است. با این وجود، آنچه در درون پیچیدگیِ ژرف نوروپیلها در حال وقوع است، در عین حال که به طور شهودی قابل فهم است، فراتر از توصیفات دقیق برخاسته از درک فعلی ما از نوروفیزیولوژی است.
در حال حاضر تخمین زده شده است چیزی حدود ۸۶ میلیارد سلول عصبی (عصبها) و حداقل همین تعداد سلول گلیال در مغز انسان وجود دارد. واحدهای سلولی انتقال پیام معمولا عصبها شناخته می شوند، اگرچه اکنون دانسته شده است بسیاری از سلولهای گلیال، بالاخص آستروسیت گلیال، نیز مستقیما در پیام رسانی نقش دارند.

آکسونها چگونه میدانند در کجا رشد کنند و سیناپسها چگونه تصمیم میگیرند که ایجاد شوند.
راجر اسپری که در دهه های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ تحقیقهای هوشمندانه ای بر فرآیند شکل گیری اتصالات نورونها انجام داد، تا حدزیادی به این مسائل پاسخ داد. اسپری پژوهشهای اولیه اش را با قورباغه ها وسمندرهاانجام داد؛
این جانوران دوزیست تا حد زیادی قادرند پس از وارد آمدن آسیب فیزیکی پایدار بدن خود را بازسازی کنند.
برای مثال، سمندرها به این مشهورند که پس از قطع پایشان دوباره آن را میسازند. این ظرفیت بازسازی در سیستم عصبی نیز مشاهده میشود؛ رشته های عصبی قطع شده در اغلب موارد دوباره رشد خواهند کرد.
در یکی از آزمایشهای کلاسیک اسپری عصب بینایی قورباغه، که اتصال بین چشم قورباغه و مغز آن است، قطع میشد. در صورتی که عصب بینایی فردی قطع شود، او برای همیشه (از چشمی که عصبش قطع شده) نابینا خواهد شد. اگر عصب بینایی قورباغه را قطع کنید آن هم کاملاً نابینا میشود. باوجوداین، پس از چند هفته عصب بینایی بازسازی خواهد شد–و قورباغه دوباره دید کامل خود را به دست خواهد آورد.
دانش ما در همین حد بوده است. همچنین میدانستیم که در فرآیند بازسازی آکسونهای چشم دوباره از چشم به طرف مغز قورباغه رشد میکنند. مسئلهای که اسپری به آن پرداخت این بود:
آکسونهای چشم چگونه میدانستند که به کجای مغز بروند و سیناپس تشکیل دهند تا دوباره دید نرمال به دست آید؟
در آغاز، اسپری به این موارد پی برد: اگر عضلاتی که کره چشم قورباغه را در جای خود نگه میدارند با دقت بریده شوند، میتوان کره چشم را ۱۸۰ درجه در جای چرخاند. پس از آن اگر عضلات چشم ترمیم شده و بهبود یابند، قورباغه دنیا را چپه و وارونه خواهد دید.



شکل بالا: چپ: قورباغه با دید نرمال. قورباغه حشره (خط نقطه چین) را میبیند و زبان خود را در جهت حشره درآورده و به او ضربه میزند (خط ممتد). راست: قورباغه پس از چرخش ۱۸۰ درجه چشم با جراحی. ظاهراً قورباغه دنیا را چپه و وارونه میبیند، زیرا سعی میکند با ضربه زدن به پایین و جلوی خود حشره ای را که بالا و پشت بدن او قرار گرفته شکار کند.

تکه ای غذا (مثلاً یک حشره) این امر را به نمایش میگذارد: قورباغه در جهت اشتباه به حشره ضربه میزند (شکل زیر را ببینید)
فرقی نمیکند چند هفته بگذرد، قورباغه هرگز یاد نمیگیرد این رفتار را تصحیح کرده و با دنیای چپه و وارونه خود سازگار شود.
در این جا اسپری دو روش را با هم ترکیب کرد: او کره چشم قورباغه را ۱۸۰ درجه چرخاند و اتصال عصب بینایی بین کره چشم و مغز را قطع کرد. در ابتدا، طبیعتاً قورباغه به طور کامل نابینا شد، اما پس از گذشت چند هفته آکسونهایی که عصب بینایی را شکل میدهند مجدداً رشد کردند و اتصالات بین چشم و مغز دوباره برقرار شدند.
پرسش: حالا قورباغه چگونه خواهد دید؟ آیا سیستم عصبی قورباغه از فرصتی که رشد مجدد عصب بینایی برای شکل دهی اتصالات سیناپسی در اختیار او گذاشته استفاده میکند تا کره چشم چرخیده را تصحیح کند و دوباره دنیا را نرمال ببیند؟ یا قورباغه دنیا را چپه و وارونه خواهد دید؟ پیش بینی شما چیست؟

پیش بینی تان درست بود.

نتیجه: قورباغه دنیا را چپه و وارونه میبیند، انگار که کره چشم بدون برش و شکل دهی مجدد اتصالات عصب بینایی صرفاً چرخیده باشد. بنابراین، قورباغه از فرصتی که رشد مجدد آکسونهای عصب بینایی و شکل گیری اتصالات سیناپسی جدید در مغز برای تصحیح آسیب واردشده به ادراک حاصل از کره چشم چرخیده او فراهم کرده بود استفاده نکرد.

در عوض، سیستم عصبی قورباغه دقیقاً همان اتصالات پیش از قطع عصی بینایی را بین چشم و مغز شکل داد. این نتیجه عمیق، الهام بخش اسپری در فرمول بندی آنچه فرضیه جاذبه شیمیایی نام گرفت شد. بر اساس این فرضیه سلولهای عصبی برای هدایت سیم کشی خود در طول تحول و بازسازی عصبی از سیگنالهای شیمیایی استفاده میکنند.

در دهه های پس از آزمایشهای اسپری و پیشنهاد هدایت شیمیایی رشد عصب، ملکولهای پروتئین و مکانیسمهای مختلفی کشف شده اند که فرایندهای رشد سلول، تمایز، مهاجرت و سیناپتوژنز را تنظیم میکنند. در مجموع به این گروه متنوع از ملکولها عوامل رشد و هدایت عصب گفته میشود.

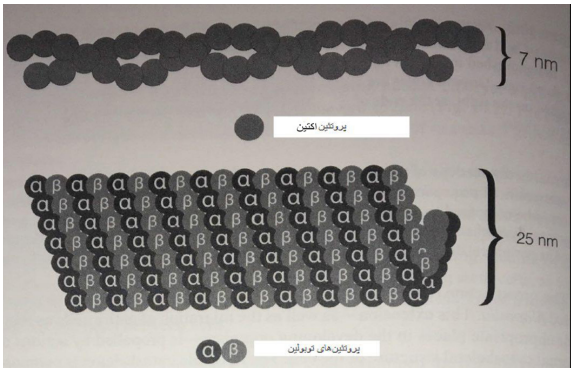
اولین عامل رشد عصب، یا نوروتروفینی، که کشف شد «عامل رشد عصب» NGF (Nerve Growth Factor) نام گرفت. حالا به دیگر عوامل رشد عصب چیزهایی از قبیل BDNF- brain derived neurotrophic factor (عامل نوروتروفیک گرفته شده از مغز GDNF- Glia Derived Neurotrophic Factor ،((عامل نوروتروفیک گرفته شده از گلیا) و neurotrophin NT۳–۳(نوروتروفین–۳) اطلاق میشود. همه اینها پروتئینهایی هستند که مشخص شده به گونه ای رشد یا بقای نورونها را ارتقا میدهند.

ارتقای بقا اهمیت ویژه ای در رابطه با رشد عصبی دارد، زیرا در طول تحول اولیه و سیم کشی سیستم عصبی تعداد زیادی از نورونها به واسطه نوعی مرگ سلولی برنامه ریزی شده از بین میروند. در برخی از مناطق مغز، بیش از ۵۰ درصد از نورونها در طول تحول اولیه از بین میروند.

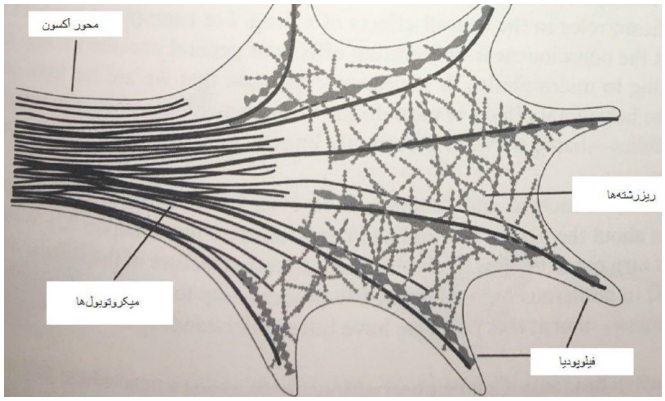
پروتئینهای دیگری که در هدایت آکسون و دندریت و سایر فرآیندهای تحولی نقش دارند به نامهایی از قبیل افرینEphrin، نترین Netrin، نوروپیلینNeuropilin، پلکسینPlexin، سمافورینSemaphorin، اسلیتSlit و روبو Robo خوانده میشوند.

برخی اوقات هدایت مستلزم تماس مستقیم بین یک پروتئین متصل به یک سلول و پروتئین دیگر متصل به سلول دیگر است. برای مثال، پروتئینهای افرین روی یک سلول به پروتئینهای گیرنده افرین روی سلول دیگر متصل میشوند. این اتصال برخی اوقات به رشد سلول در جهت تماس منجر شده و یا در شرایط دیگر رشد در خلاف جهت تماس را دارد.

جفت شدن فعال سازی گیرنده های غشا–نظیر افرین با گیرنده ی افرین، یا اسلیت با روبو–با دینامیک سیتواسکلتون، واسطه مکانیسمهای جذب و دفع است.



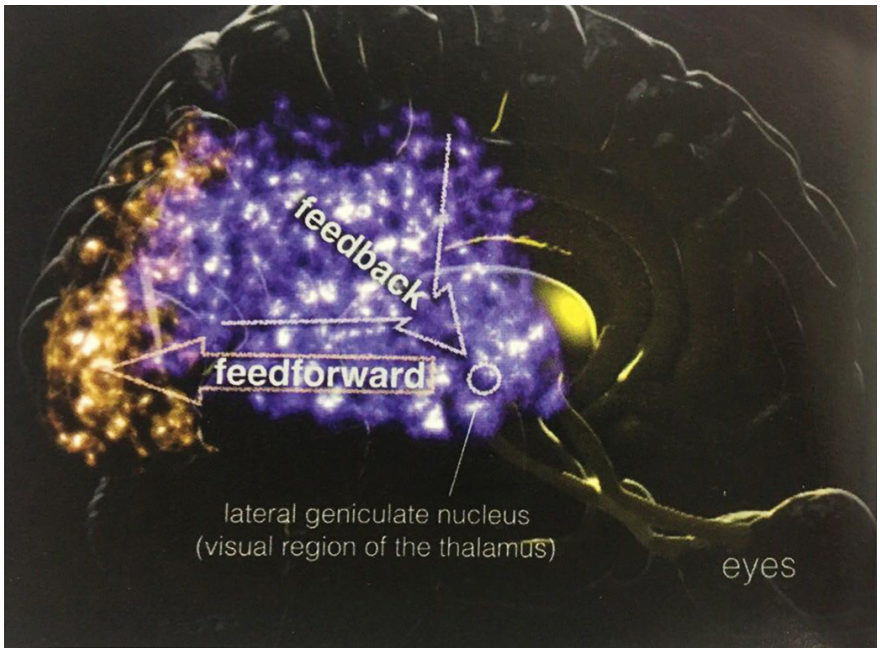
شکل بالا: میکروفیلامانهایا ریزرشته ها (بالا) پلیمرهای بلند پروتئین اکتین هستند. هر پروتئین اکتین از حدود ۳۷۵ اسیدآمینه تشکیل شده است. میکروتوبولها (پایین) پلیمرهای بلند پروتئینهای آلفا–توبولین و بتا–توبولین هستند. هر پروتئین توبولین از حدود ۴۵۰ اسیدآمینه تشکیل شده است. میکروتوبولها استوانهای هستند و هسته آنها خالی است. ریزرشته ها و میکروتوبولها قادرند آنقدر رشد کنند که صدها برابر از قطر خود طویلتر بوده و دارای میلیونها اتم باشند.



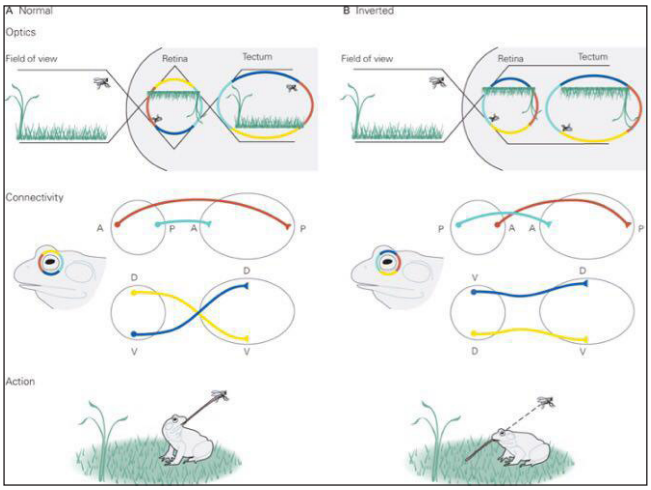
شکل بالا: سیتواسکلتون داخلی مخروط رشد آکسون.
محور آکسون حاوی چندین میکروتوبول (خطوط سیاه) است که شاخه های برخی از آنها وارد فیلوپودیا شده اند. نوک فیلوپودیا از میکروفیلامانها یاریزرشته ها (خطوط خاکستری) پر شده که برخی از آنها شبکه مانند و برخی به شکل دسته های بزرگتر هستند.

مثل اینکه آقای راجر اسپری این آزمایش قورباغه اش هم مثل آزمایش بیماران دوپاره مغز که هنوز که هنوزه دانشمندان را برای کشف راز آگاهی دچار سردرگمی کرده داستان ساز شده است.
ایشان آزمایش را برای تشابه پردازش تصویر درمغز قورباغه و انسان انجام نداده است که بخواهد شبیه باشد یا نباشد. او دنبال داستان رامون کاخال بود که بیش از یک قرن پیش، این فرضیه را مطرح کرد که نوک آکسونهای در حال رشد مسئول مکانیسمهای دقیق حساسیت، قدرت حرکت و راهنمایی است. او در زندگینامه خود مینویسد:
در اعماق قلبم، مشاهداتی را که پیرامون نوروژنی، یعنی تحول جنینی سیستم عصبی، داشتم را بهترین کار خود در آن زمان میدانم.... من از این اقبال بلند برخوردار بودم که برای نخستین بار شاهد پایان یافتن شگفت انگیز رشد آکسون باشم. در قطعات جنین جوجه سه روزه ای که در اختیار داشتم، این پایان یافتن به صورت تمرکز پروتوپلاسم مخروطی شکل، با حرکات آمیب مانند نمایان شد. این امر را میتوان با دژکوب زنده ای مقایسه کرد که آرام و انعطاف پذیر پیش میرود و به طور مکانیکی موانعی را که در سر راهش میبیند کنار میزند تا به محدودهی توزیع محیطی خود برسد. این پدیده شگرف را مخروط رشد نامیدم.

آقای اسپری این آزمایش را انجام داد تا بفهمد اتصالات آکسونها بر چه اساسی صورت میگیرد و فهمید اکسونی که اطلاعات پایین صفحه شبکیه را در مغز بعنوان بالا قلمداد میکند (چون تصویر اشیا رو شبکیه معکوس میفتد)وقتی عصب بینایی بریده شود وچشم را ۱۸۰ درجه بچرخاند همیشه به همانجایی وصل میشوند که قبلاً هم وصل میشدند یعنی اکسون وقتی موقعیت اش ۱۸۰ درجه تغییر کند چگونه میفهمد به همونجای قبلی وصل شود که این منجر به فرضیه جاذبه شیمیایی و کشف پروتیینهای رشد عصبی شد بنابراین الان سلولهای پایین شبکیه رفتن بالا و بالایی ها اومدن پایین ولی اتصالات مثل قبل صورت میگیرد
همیشه در حالت عادی تصویر برعکس روی شبکیه میفته مثلاً تصویر حرف A را در نظر بگیرید نوک حرف ای. پایین شبکیه میفته و پایه های آن بالای شبکیه حالا فرض کنید یک سیم آبی از نوک حرف ای از پایین شبکیه به صفحه خیالی پردازش در مغز بره میره بالا و یک سیم قرمز که به پایه های حرف ای وصلند به پایین صفحه خیالی درون مغز وصل میشوند این سیمها همون اکسونها هستند وقتی چشم را ۱۸۰ درجه میچرخانیم هم باز حرف A رو شبکیه برعکس میفته منتها سیم آبی اینبار بالاست و سیم قرمزه پایینه و همیشه سیم آبیه به بالای صفحه خیالی درون مغز وصل میشه و قرمزه به پایین بنابراین تصویر برعکس حرف A دقیقاً برعکس در مغز قورباغه دیده میشه حالا همینجا سیمها را ببرید باز هم آبیه به جای قبلیش وصل میشه و قرمزه هم به جای قبلیش پس باز هم تصویر معکوس میباشد.
در رابطه با عینکی که چپ و راست را برای انسان برعکس میکنه داستان متفاوته اولاً هیچ یک از سلولهای شبکیه جاشون عوض نمیشه و اصلاً هدف آزمایش قیاس این داستان نبوده است.
اما اینکه چگونه مغز انسان بعد از دوهفته تمرین با وارونگی اوکی میشه داستانی طولانیست همینقدر اشاره کنم که اطلاعاتی که از شبکیه به تالاموس میره یک دهم اطلاعاتیست که از قشر بینایی پس سر به تالاموس میاد یعنی شما حتی اگر هیچ ورودی اطلاعاتی از چشم نداشته باشید مغز براساس یک عمر ثبت و ضبط اطلاعات تصویری داره و هرچی از جهان خارج میاد داخل را با داشته هاش مقایسه میکنه و وقتی برخلافش باشه و شما قاطی میکنید تا اینقدر تمرین کنید تا با نوروپلاستیسیتی اونورو تصحیح کنید اگر هم تمرین نکنید قاطی کرده باقی میمونید تمام خطاهای باصره که لحظه ای هستند از این قرارند.



حالا در رابطه با قورباغه تصویر گویای زیر را ببینید.

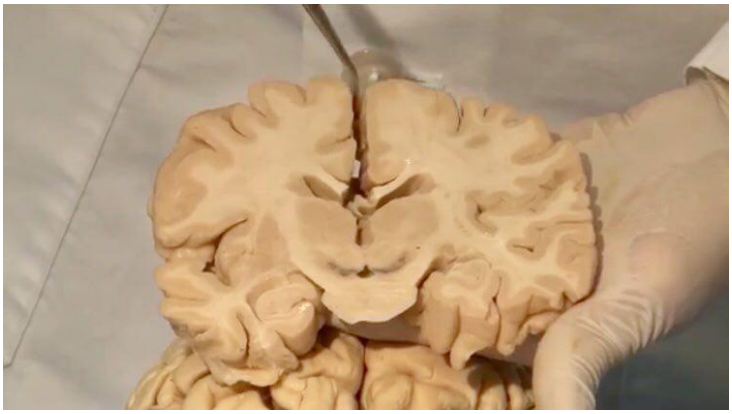


ماده خاکستری و سفید مغز

همانطور که میبینید غیر از اطراف مغز بخشهایی از داخل آن تیره رنگ هستند تمام بخشهای تیره ماده خاکستری که همان جسم سلولی نورونها هستند میباشند(البته همه چیز از جمله آکسونهای معمولی ، سلولهای گلیال ، مویرگهای خونی در ماده خاکستری هست به جز آکسونهای میلین دار ولی جسم سلولی نورونها حجم بیشتری را اشغال میکنند.

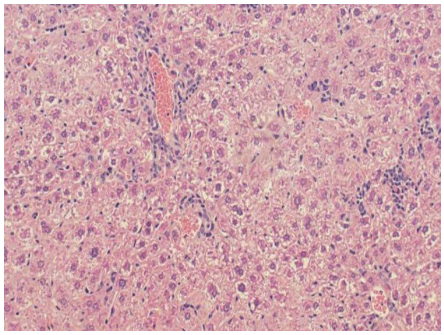
تمام بخشهای سفید همان آکسونهای میلین دارند در این بخشها هم همه چیز هست غیر جسم سلولی ، و آکسونهای میلین دار حجم بیشتری را اشغال میکنند

بنابراین صفت بارز ماده خاکستری که در اصل صورتی پررنگ هستند وجود جسم سلولی و صفت بارز ماده سفید که البته در اصل صورتی کمرنگ هستند ولی در فرمالدیید نگهدارنده ، سفید دیده میشوند ،آکسونهای میلین دار است.

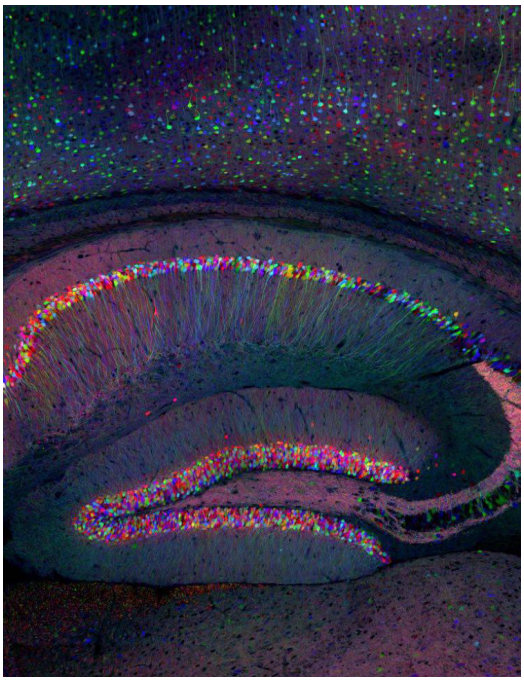


حالا یک برش عرضی از مغز را ببینید.

باز هم جسم خاکستری علاوه بر نئوکورتکس در قسمتهای میانی نیز دیده میشود.



حالا تصویر تکه‌ای از بافتی دیگر که در زیر یک میکروسکوپ قرار گرفته‌است را در نظر بگیرید:
این تصویر رشته‌ای همگن از سلول‌ها را نشان می‌دهد، که همگی تقریبا به همان شکل سازماندهی شده‌اند. گوشه‌های بالا چپ و پایین چپ دقیقا مشابه هم هستند.
این یک برش عرضی از کبد است؛ اگر بخشی از آن را دیده باشید، همه آن را دیده‌اید. ملالت‌آور است.
اگر مغز نیز تا این حد همگن و ملالت‌آور بود، توده‌ای نامتمایز از بافت، همراه با جسم‌های سلولی نورون‌ها بود که بصورت برابر تمامی بخش‌ها را پوشانده‌اند، و پردازش‌های خود را به تمامی مسیرها ارسال می‌کنند. اما در عوض سازماندهی داخلی زیادی وجود دارد.

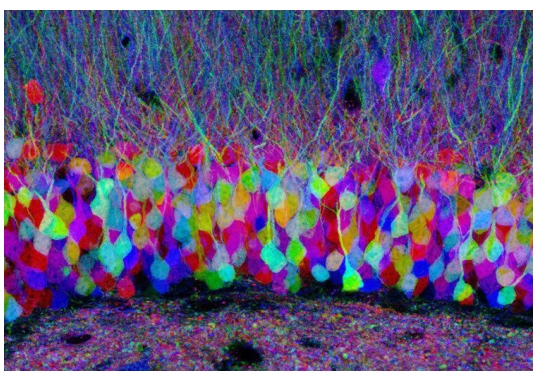


شکل روبرو تصویری از هیپوکامپ موش با رنگ آمیزی Brainbow جف لیتمن Lichtman(جدیدترین روش رنگ آمیزی بعد از روش رنگامیزی گلژی که یک قرن انجام میگرفت)
به عبارت دیگر، جسم‌های سلولی نورون‌هایی که عملکردهای آنها با یکدیگر مرتبط است در بخش‌های بخصوصی از مغز در کنار هم جمع شده‌اند، و آکسون‌هایی که این بخش‌ها به بخش‌های دیگر مغز ارسال می‌کنند توسط سیم‌های ارسال سازماندهی شده‌اند. همه اینها به این معنی است که بخش‌های مختلف مغز، کارهای مختلفی انجام می‌دهند. تمامی بخش‌های مغز، و همچنین بخش‌های فرعی و بخش‌هایی از بخش‌های فرعی دارای اسم‌های بخصوص هستند (که معمولا چند سیلابی هستند و از واژه‌های یونانی یا لاتین گرفته شده‌اند). علاوه بر این، هر بخش با مجموعه‌ای یکپارچه از بخش‌های دیگر مثلاًحرف می‌زند (یعنی آکسون به آن بخش‌ها ارسال می‌کند) و مجموعه‌ای منسجم از بخش‌ها با آن مثلاًحرف می‌زنند (یعنی، از آن بخش‌ها آکسون دریافت می‌کند).
مطالعه تمامی این جزئیات‌ها می‌تواند شما را دیوانه کند.

چند نکته کلیدی:

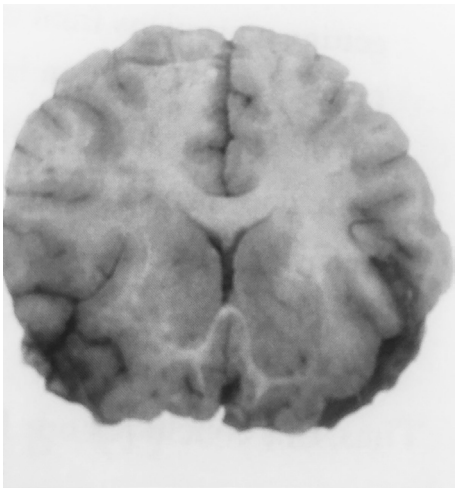
• هر بخش بخصوص حاوی میلیون‌ها نورون است. این اسم‌ها چند اسم آشنا در این سطح از تحلیل هستند: هیپوتالاموس، مخچه، قشر مغز، هیپوکامپ.

• برخی بخش‌ها دارای بخش‌های فرعی کاملا مجزا و فشرده هستند، که هر کدام از آنها «نوکلئوس یا هسته» نامیده می‌شوند. (این شیوه نامگذاری گیج‌کننده است، زیرا بخشی از تمامی سلول‌ها که حاوی دی‌ان‌ای است نیز هسته نامیده می‌شود. اما چه می‌شود کرد؟) برخی اسم‌ها احتمالا کاملا ناآشنا هستند، مثال‌هایی از این اسم‌ها شامل این موارد هستند: هسته قاعده‌ی Meynert، هسته ی فوق بینایی یا سوپرا اپتیک هیپوتالاموس، و هسته‌ی زیتونی پایینی که اسم بسیار جذابی است.



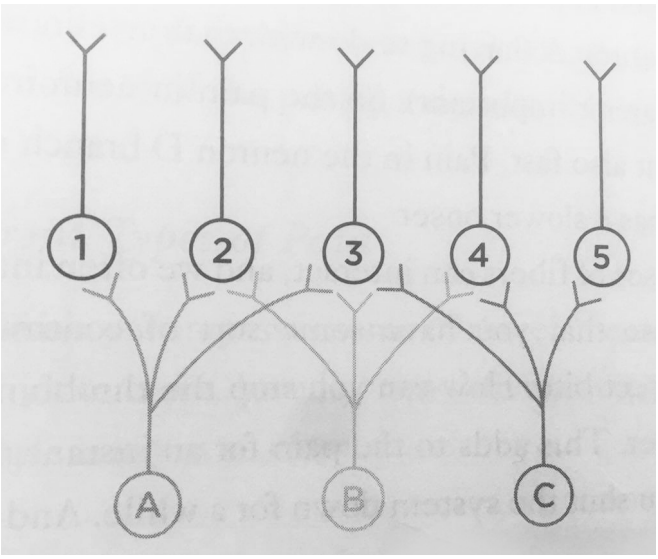
همانطور که پیشتر شرح داده شد، جسم‌های سلولی نورون‌هایی که عملکردهای آنها با یکدیگر مرتبط است در بخش مخصوص خود یا در هسته در کنار هم جمع شده‌اند و آکسون‌ها را در یک جهت یکنواخت ارسال می‌کنند، که با یکدیگر ادغام شده و یک سیم («رشته عصبی») را تشکیل می‌دهند. در اینجا

یک مثال ارایه شده است، که از هیپوکامپ گرفته شده است(قسمتی از هیپوکامپ زوم شده است):
به میلین پوشانده شده دور آکسون‌ها برگردیم که به پتانسیل‌های عمل کمک می‌کنند سریعتر توزیع شوند. رنگ میلین مایل به سفید است، آنقدر که رشته عصبی داخل مغز سفید به نظر می‌رسد. بنابراین میلین عموما «ماده سفید» نامیده می‌شود.

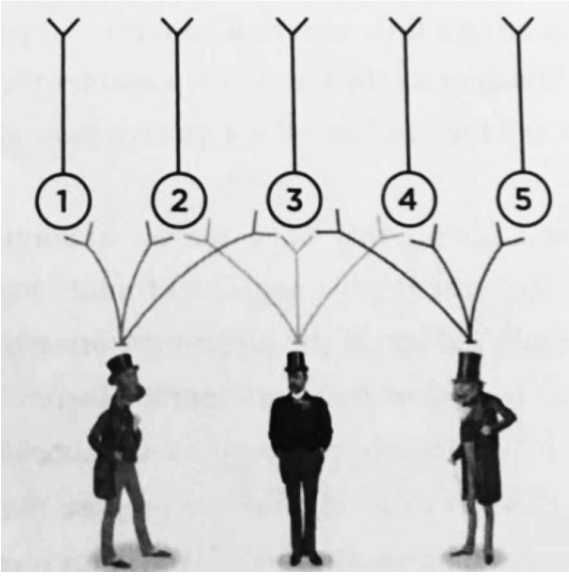


همانطور که در تصویر مشاهده می‌کنید، رشته‌های عصبی بخش اعظم مغز را تشکیل می‌دهند؛ تمامی بخش‌ها، و اغلب بخش‌های دور از هم، با یکدیگر صحبت می‌کنند.
•فردی را فرض کنید که در یک بخش بخصوص از مغزش، نقطه مبهم x جراحتی دارد. این شرایط فرصتی را فراهم می‌کند تا با بررسی اینکه اکنون کدام بخش از بدن فرد به درستی عمل نمی‌کند در مغز اطلاعات کسب کنیم. علم عصب‌شناسی به لطف سربازانی که از «جراحت‌های پرتاب موشک» رنج می‌بردند به عنوان یک زمینه مطالعاتی شروع به فعالیت کرد. اگر به شیوه‌ای منفصل به قضیه نگاه کنیم، خون‌ریزی‌های نظامی بی پایان اروپایی‌ها در قرن نوزدهم هدیه خدا برای عصب‌شناسان بودند. اکنون که فرد مصدوم کار بخصوصی را بصورت غیر عادی انجام می‌دهد، آیا می‌توانید اینگونه نتیجه بگیرید که نقطه x بخشی از مغز است که مسئولیت انجام این رفتار بصورت عادی را بر عهده دارد؟
تنها در صورتیکه در این نقطه خوشه‌ای از جسم‌های سلولی نورون‌ها قرار داشته باشند. اگر نقطه x محل قرارگیری یک رشته عصبی باشد، شما در واقع در مورد بخشی از مغز اطلاعات کسب می‌کنید که نورون‌های آن آکسون‌ها را از طریق آن رشته عصبی انتقال می‌دهند، و این بخش ممکن است در انتهای دیگر مغز قرار داشته باشد. بنابراین باید «هسته نورونی» را از «رشته‌های انتقال» تشخیص دهید.

در نهایت، به این قضیه باز می‌گردیم که قسمتی از مغز مرکز برخی از رفتارها است. مثال‌هایی فراوانی هستند که نشان میدهند که درک عملکرد نورون یک فرد بدون در نظر گرفتن شبکه‌ای که بخشی از آن است تا چه اندازه می‌تواند دشوار باشد. این قضیه مشخصا در اینجا نیز صدق می‌کنند.
با توجه به اینکه تمامی بخش‌های مغز داده‌های عصبی را با هزاران هزار محل دیگر مبادله می‌کنند، به ندرت رخ می‌دهد که یک بخش یگانه مغز مرکز یک کار بخصوص باشد. بلکه این تمامی شبکه‌ها هستند که، اکثر اوقات، یک بخش بخصوص از مغز «نقش کلیدی را در یک رفتار ایفا می‌کند»، «به کاهش آن کمک می‌کند»، یا «بر آن اثر می‌گذارد». عملکرد یک بخش بخصوص مغز در زمینه ارتباط‌های آن نهفته است.

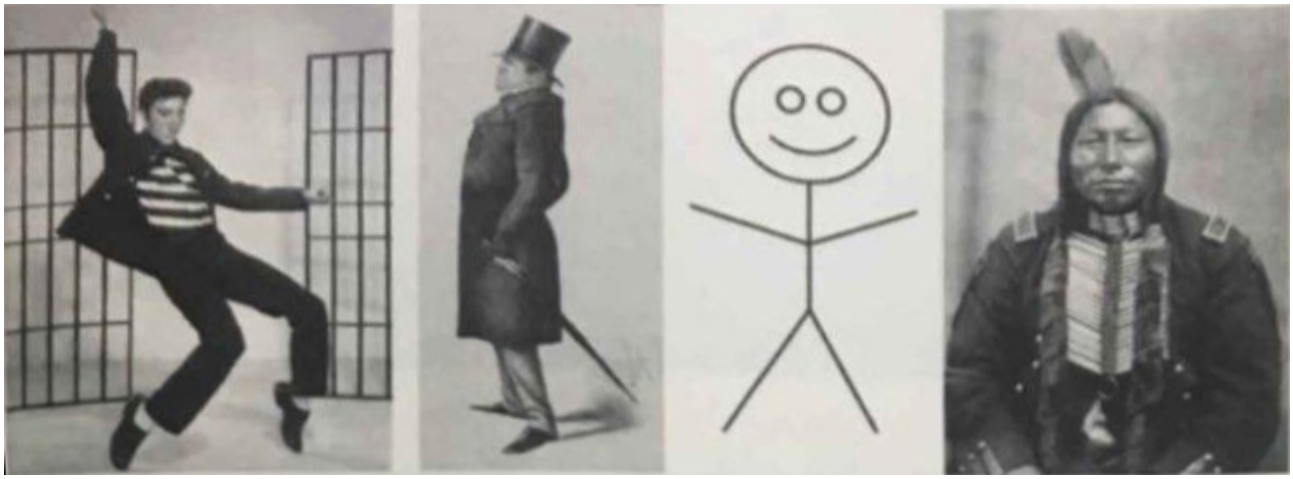


حالا بریم سر نحوه پردازش نورونها در مقیاسی بسیار تقلیلگرایانه. کدام مرد فرد مورد نظر است؟ مدار نهایی و کاملا بر اساس فرضیه‌های علمی.
فرض کنید مداری داریم که از دو لایه از سلولهای عصبی ساخته شده است.
نورون A داده‌های عصبی را به نورون‌های ۱، ۲ و ۳ ارسال می‌کند؛ نورون B داده‌های عصبی را به نورون‌های ۲، ۳ و ٤ ارسال می‌کند و به همین ترتیب. اکنون با تعیین عملکردهای کاملا خیالی برای نورون‌های A و Bو C نشان می‌دهیم که این مدار تا چه میزان بر اساس فرضیه‌های علمی است.
نورون A به تصویر مرد قرار گرفته در سمت چپ، و نورون B به تصویر مرد قرار گرفته در وسط، و نورون C به مرد قرار گرفته در سمت راست واکنش نشان می‌دهند.



نورون ۱ چگونه می‌تواند یاد بگیرد؟ چگونه باید این مرد بخصوص را تشخیص دهد. نورون ۵ به همان اندازه برای یک هدف بخصوص ساخته شده است.

اما نورون ۳ چه چیزهایی را می‌تواند یاد بگیرد؟ بله یادمیگیرد که اشراف‌زادگان دوران ویکتوریا چگونه لباس می‌پوشند.
این نورون(۳) است که به شما کمک می‌کند لباس دوران ویکتوریا را از میان چهار تصویر زیر تشخیص دهید.(بدلیل همپوشانی که از سه تصویر مردهای مختلف دارد)



دانش نورون ۳ کلی است و از همپوشی داده‌های عصبی لایه اول سرچشمه می‌گیرد.
نورون‌های ۲ و ٤ نیز نورون‌های کلی‌گرایی هستند، اما دقت آنها کمتر است زیرا هریک از آنها تنها دو الگو دارند.بنابراین نورون ۳ در مرکز همگرای این شبکه قرار دارد و پرجزئیات‌ترین بخش‌های مغز به شیوه‌ای سیم‌کشی شده‌اند که این مدار شگفت‌انگیز را بصورت کاملا مشهود تشبیه می‌کند؛ در عین حال، نورون ۳ عاملی خارجی‌تر در شبکه ای دیگر است که داده‌های عصبی را به آن منتقل می‌کند (برای مثال، شبکه ای که بصورت عمودی بر این صفحه کشیده می‌شود، یعنی مثلاً در این شبکه نورون کناری میشود ،مثل نورون ۱ در بالا)، و نورون ۱ در مرکزی‌ترین بخش شبکه‌ای دیگر در بعد چهارم (یعنی پشت آن) قرار دارد(یعنی در آن مدار نقش نورون ۳ را از لحاظ وسط بودن ایفا میکند)، و به همین ترتیب. تمامی این نورون‌ها در چندین شبکه تعبیه شده‌اند.این مدار چه چیزی را تولید می‌کند؟ ظرفیت لازم برای پیوستگی، تشبیه، قیاس، تمثیل، نماد.
برای اینکه دو چیز مجزا را، حتی از راه‌های حسی مختلف، به یکدیگر ربط داد. تا بتوان «Tomato» و «Potato» را به دو شیوه مختلف در یک آهنگ تلفظ کرد، با دیدن تصویر یک زیان قرمز رنگ که از دهان بیرون آمده است موسیقی گروه «Stones» را به خاطر آورد. به همین دلیل است که استراوینسکی و پیکاسو را میتوان به هم ربط داد، زیرا همیشه به نظر می‌رسید که آلبوم‌های موسیقی استراوینسکی

(آنها را به یاد دارید؟) نقاشی از پیکاسو را بر روی جلد خود دارند.
و به همین دلیل است که بخش‌های مستطیلی لباس که الگوی مجزایی از رنگ‌ها بر روی آنها نقش بسته است می‌توانند برای یک ملت، گروهی از مردم یا یک ایدئولوژی یک نماد خاص باشند.

نکته پایانی؛ ما از لحاظ ماهیت و گستردگی شبکه‌های پیوندی‌مان متفاوت هستیم. و این شبکه‌ها در بالاترین سطح خود گاهی اوقات می‌توانند چیزهای بسیار جالبی را تولید کنند. برای مثال، بسیاری از ما در اوایل زندگی یاد گرفته‌ایم چیزهای شبیه به تصویر پایین را به مفهوم «صورت» نسبت دهیم.
اما بفرض فردی از راه می‌رسد که شبکه‌های نورون‌های دستگاه عصبی‌اش گسترده‌تر و منحصر به فردتر از تمامی افراد دیگر است، و به دنیا آموزش می‌دهد که تصویر زیر نیز می‌تواند یادآور صورت باشد:
پیامد برخی انواع شبکه‌های پیوندی نورون‌ها که بصورت غیر عادی گسترش یافته‌اند و در بالا شرح ساده آنرا دیدید را چه می‌نامیم؟
جواب خلاقیت است.

هرچه شبکه های پیوندی نورونی در بخشی از مغز گسترده تر باشد آن شخص در آن زمینه خلاقتر است.
همانطور که در مدارهای فرضی نورونی بالا دیدید جسم سلولی که بصورت دایره نمایش داده شده در بیشترین حالت یعنی نورون ۳ از سه پایانه آکسونی سه نورون A وB وC تغذیه شده ، بغیر از فیدبکهای مثبت و منفی و نوروترانسمیترهای تحریکی و بازدارنده و روابط پایین به بالا و بالا به پایین حالا تجسم کنید که هر نورون حدود ده هزارخار دندریتی و حدود همین مقدار پایانه آکسونی دارد در کل مغز صد میلیارد نورونی ببینید اوضاع چگونه میشود بهمین دلیل است که مغز شعر میگوید نه کلیه.

یادگیری و خودکارسازی مغز

آیا درست است که یادگیری زبان جدید یا نواختن یکی از آلات موسیقی در سنین بالاتر دشوارتر است؟ چرا یادگیری موسیقی برای برخی از ما آسان و برای برخی دیگر دشوار است؟ چرا به طور ذاتی حرف زدن را یاد می گیریم، ولی بسیاری از ما در ریاضیات مشکل داریم؟ چرا یادگیری برخی چیزها اینقدر دشوار و یادگیری برخی چیزهای دیگر آنقدر آسان است؟
چگونه است که ما اکنون میتوانیم به شاهکارهایی دست یابیم که چند سال قبل غیرممکن بود؟

با انجام تمرین های روش مند و مداوم، ما می توانیم سرعت خود را افزایش دهیم، همه ما می توانیم تا حد زیادی بهبود پیدا کنیم. واقعیت اینجاست که ما در نقطه ای بسیار دور از قدرت عملکرد نهایی خود متوقف می شویم، یعنی در نقطه ای که از آنچه یاد گرفته ایم بهره مند می شویم، ولی دیگر به سمت یادگیری بیشتر نمی رویم، در منطقه ای امن قرار می گیریم که تعادلی ضمنی میان تمایل به بهبود و تلاش لازم برای بهبود به وجود آمده است. این منطقه را آستانه مناسب (Ok Threshold) مینامند
محدودیتهای عملکرد انسان ژنتیکی نیست. ویولونیستها امروزه قادر به نواختن قطعاتی از چایکوفسکی هستند که در زمان وی امکان پذیر نبود یا دونده های ماراتن و سرعت، رکوردهایی را ثبت کرده اند که در ذهن افراد هفتاد هشتاد سال پیش قابل تصور نبود زیرا میتوانند زمان بیشتری را به تمرین اختصاص دهند، زیرا نقطه ای که در آن حس میکنند که به هدف دست یافته اند تغییر کرده است و علت دیگر داشتن فرآیندهای آموزشی بهتر است. این خبر خوبی است؛ به این معنی است که ما میتوانیم بر اساس این مثالها به اهدافی دست یابیم که امروزه غیرممکن هستند.
شما با تمرینات مکرر و مکرر و هزاران باره میتوانید موضوع مورد یادگیری را از بخش غیر خودکاروآگاهانه و متوالی قشر مغز که انرژی زیادی مصرف میکند به بخش نا آگاهانه و خودکار و موازی و کم انرژی مصرف کن مغز سوق دهید با این کار میتوان منابع هوشیاری که به تلاش ذهنی نیاز داشته و به ظرفیت قشرهای جداری و جلویی محدود میباشند را به انجام وظایف دیگری اختصاص داد(قطعاً اینکار در بزرگسالی زمان بیشتری می برد ، اگر مثل یک کودک گرفتاریهای روزمره تان به چند چیز محدود میشد و تمرکزتان به یک موضوع با همان سرعت و قابلیت فراگیری صورت میگرفت)

مغز موازی و مغز متوالی

غشاء مغزی در دو نظام بزرگ سازماندهی شده است. یکی نظام پشتی است که اگر سر خود را به سمت بالا بگیرید، در امتداد پشت بدن شما ادامه مییابد و دیگری نظام شکمی است که به شکم شما متصل است.(سرتان را بسمت بالا بگیرید یک کاغذ را در عرض و عمودی از بالای چشمانتان بسمت پایین عیور دهید) این تقسیم بندی از نظر عملکردی نسبت به تقسیم بندی معروفتر نیمکره های مغزی بسیار مناسب تر است. نظام پشتی قشرهای جداری و جلویی مغز را دربر میگیرد که به هوشیاری انسانی، فعالیتهای مغزی خاصی که حرکات ما را کنترل میکنند و عملکرد آهسته و متوالی مغز مرتبط هستند و انرژی بیشتری مصرف میکنند بخش شکمی غشاء مغزی نیز بیشتر وظایف خودکار و عموما ناخودآگاهانه ما را انجام داده و به پردازش سریع و موازی مغز مرتبط است و انرژی کمتری مصرف میکنند

در این زمینه نمونه های بسیاری از قهرمانان در رشته های مختلف وجود دارند.
آستین نابر، یک پسر دهساله با یک استعداد خارقالعاده میباشد او رکورد جهانی کودکان برای یک ورزش که به نام پشته سازی فنجانها شناخته میشود را دارا است.
آستین، در حرکات سریع و سیال که با چشم غیرقابل دنبال کردن هستند، یک ستون انباشته از فنجانهای پلاستیکی را به جلوه متقارنی از سه هرم جداگانه تبدیل میکند. سپس، با دودست بهسرعت، هرمها را به برمیگرداند و به دو ستون کوتاه درهم ادغام میکند و سپس ستونها را به یک هرم تکی بلند تبدیل میکند که سپس به ستون اصلی از فنجانها درهم جمع میشود.
آستین نابر قهرمان زیر ۱۰ سال جهان در پشته کردن فنجان است. وی روال مشخصی از حرکات را انجام میدهد و برجهایی از فنجان را در عرض ثانیه هایی ساخته و واسازی میکند.

وی همه این کار را در عرض ۵ ثانیه انجام میدهد. در حالیکه اینکار برای یک فرد معمولی ٤۳ ثانیه در بهترین اجرا طول میکشد ضمن اینکه برخلاف تصور انرژی مصرفی مغز در یک فرد معمولی بسیار بیشتر از آستین نابر میباشد
مثالهای فراوان وجود دارد مثل دین پاتر صخره نورد که بدون تجهیزات ایمنی و طناب سالها صخره نوردی میکرد یا شطرنجبازانی معروف که چشم بسته با چهل پنجاه نفر همزمان بازی میکردند و میبردند

یا همین خود شما:
فرآیند خودکارسازی در مثال محاسباتی کاملا ملموس است. زمانی که کودکان برای اولین بار میآموزند تا عدد ۳ را با ٤ جمع کنند، آنها در ابتدا برای محاسبه این جمع به انگشتان خود متکی هستند. اما در مرحله خاصی از فرآیند یادگیری، عبارت «سه بعلاوه چهار میشود هفت» تقریبا به یک شعر تبدیل میشود. مغز آنها دیگر برای انجام عمل جمع، اشیایی خیالی یا انگشتان واقعی را یک به یک جابه جا نمیکند، بلکه از یک نمودار ایجاد شده استفاده میکند. عمل جمع در واقع برونسپاری شده است. سپس مرحله جدیدی آغاز میشود، همان کودکانی که عمل جمع را آموخته اند، ضرب ۳ در ٤ را با استفاده از قشرهای جداری و جلویی و به همان شیوهی آهسته و پرزحمتی انجام میدهند که [پیشتر] جمعهای «٤+٤=۸»را انجام میدادند. آنها سپس راه دیگری برای برونسپاری عمل ضرب توسعه داده و عمل ضرب را در جدول حافظه ای خودکار سازی میکنند تا بتوانند به محاسبات پیچیده تری بپردازند.

اما بسیارند کسانیکه با توپ فوتبال کارهای فوق العاده میکنند ولی یکی مسی میشود یا بسیارند تنیس بازان اما یکی نادال میشود
تلاش ، انگیزه ، دریافت پاداش ، فشار، تمرینهای سخت ، تاثیرات بازیهای زندگی در کودکی و شرایط زندگی و ۲۰ تا ٦۰ درصد ژنتیک ،مهمترین عوامل برای بروز نبوغ و استعدادهای خارق العاده اند
درسته که مثلاً وقتی بلندقد باشید، تبدیل شدن شما به یک بازیکن حرفه ای بسکتبال محتمل تر است. تبدیل شدن به یک خواننده بزرگ بدون متولد شدن با طنین صوتی مناسب دشوار است.
ولی سقف نهایی یادگیری به صورت ژنتیکی ایجاد نشده است و البته مسیر حرکت به سمت سقف یادگیری نیز از ژنتیک مستقل نیست. ژنتیک در هر دو بخش دخالت می کند، ولی نه به شیوه ای قطعی.

فصل یازدهم

خواب

در مورد خواب اینقدر داستان مفصل است که به راحتی میتوان یک کتاب را به آن اختصاص داد من هم قصد زیاده گویی ندارم فقط میخوام به داستانهایی بپردازم که ببینیم آیا رویای شبانه یا همان خواب دیدن میتواند به واقعیت بپیوندد ؟ خوب همینجا بگویم که چرا خواب دیدن را رویای شبانه مینامند چون ما رویای بیداری یا روزانه یا همان تصورات و تجسمات هم داریم ضمناً رویا یا خواب دیدن شفاف هم داریم (خواب دیدنی که آگاهانه صورت میگیرد)باز هم همینجا فرقشان را بگویم.
رویاهای شبانه یا آنچه که ما به خواب دیدن تعبیر میکنیم هیچ کنترلی ندارند اما واضح هستند. در مقابل، تصورات قابل کنترل هستند اما وضوح بسیار کمتری دارند. رویای شفاف ترکیبی از هر دو است که وضوح و واقع گرایی رویاها را از یکطرف و کنترل پذیری تصورات را از طرفی دیگر دارد؛ به عبارت دیگر، حالتی است که در آن، ما کنترل کننده و نویسنده رویای خود هستیم.

آیا خواب رِم حالتی است که موجب ایجاد افکار جدید و عناصر ارتباط دهنده فکر میشود که در طول روز ارتباط آنها قطع شده بود؟ آیا رویاها کارخانه تولید افکار خلاق هستند؟
برای درک بهتر دوتا از داستانهای معروف در این زمینه را برایتان یادآوری میکنم (که هرچه ما میکشیم از جوگیر شدن تعداد اندکی از دانشمندان و شاخ و برگ دادنها و توصیفات اضافی آنهاست)

مفهوم نوروترانسمیشن شیمیایی اولین بار توسط اوتو لوی ارائه شد. ایده آزمایش اثبات نوروترانسمیشن شیمیایی در خواب به وی الهام شد. لوی هنگامی که در بهار سال ۱۹۲۰ از خواب بیدار شد ایده های انجام آزمایش را برروی یک تکه کاغذ یاد داشت کرد و تنظیم عصبی قلب را در آزمایشگاه خود بررسی کرد. صبح روز بعد وی متوجه شد که نمی تواند از خط ناخوانای خود که در شب قبل نوشته بود، سر درآورد. اما احساس می کرد که ایده های خوبی طی خواب به ذهنش خطور کرده است و همواره تلاش می کرد تا آنها را به یاد آورد.
تلاش وی ظاهراً موفقیت آمیز بود:
شب بعد حدود ساعت ۳ صبح با ایده ای برای انجام آزمایش از خواب بیدار شد. این بار بلند شد و برای انجام آزمایش به آزمایشگاه خود رفت. لوی تنظیم عصبی قلب را بااستفاده از ترکیبی که درون آن قلب به دست آمده از یک قورباغه (با حفظ عملکرد آن در شیشه حاوی محلول یون ها در آب) بود رامورد بررسی قرار داد. قلب حیوانات حاوی اوسیلاتورهای ریتمیک خود است و یک قلب در شیشه می تواند ریتم منظم را حتی هنگامی که به بدن یا مغز جانور متصل نیست، حفظ کند.
در یک جانور زنده، ضربان قلب توسط سیگنال های حاصل از مغز ازطریق سیستم عصبی اتونوم (خودکار)تنظیم می شود. لوی تعدادی از این فیبرهای اتونوم متصل به قلب را خارج کرد و با تحریک یکی از آنها (عصب واگ) سرعت ضربان قلب کاهش یافت که این مورد را لوی قبلا بررسی کرده بود. ایده آزمایشگاهی جدیدی که در خواب به ذهنش خطور کرده بود به شرح زیر بود:
آزمایش به صورتی‌که دربالا شرح داده شد، انجام شد. بعد از اینکه عصب واگ به صورت الکتریکی تحریک شد و ضربان قلب قورباغه کاهش مورد انتظار را نشان داد، لوی مایع را از شیشه حاوی قلب آن قورباغه جمع آوری کرد و به شیشه دیگری که حاوی یک قلب تپنده قورباغه بود، ریخت. سپس لوی مشاهده کرد که ضربان قلب قورباغه دوم بدون هیچ گونه تحریک الکتریکی عصب واگ آن کاهش یافته است. لوی نتیجه گیری کرد که هنگام تحریک عصب واگ برخی از مواد شیمیایی محلول باید آزاد شوند و این ماده شیمیایی است که سیگنال حاصل از عصب واگ را تعدیل می کند تا قلب سرعت ضربان خود را کاهش دهد. نوروترانسمیشن شیمیایی!
لوی این ماده مرموز را واگستوف (Vagusstoff) نامید، عبارت آلمانی برای «ماده حاصل از عصب واگ». بعدها مشخص شد واگوستوف، استیل کولین (اولین مولکول شناسایی شده به عنوان نوروترانسمیتر) است.

داستان دوم مربوط به آقای ککوله میباشدکه ساختار بنزن (حلقه متشکل از ٦ اتم کربن) را کشف کرد. ککول در جشنی که به مناسبت یافته بزرگ خود در تاریخ شیمی برگزار کرد، راز کشف خود را آشکار کرد. پس از سالها شکست تحقیرآمیز، در نهایت، راه حل این مسئله در رویایی از یک اوروبروس به ذهنش رسید؛ اوروبروس ماری است که دم خود را گاز گرفته است و یک حلقه تشکیل میدهد.
وی در این جشن که ۲۵ سال بعد ازکشفش صورت گرفت اینچنین گفت:
درمدتی که در گِنت اقامت داشتم، در خوابگاه دلپذیری زندگی می کردم که کنار خیابان اصلی بود. اما اتاق مطالعه ام به کوچه تنگی

مشرف بود و هیچ آفتابی به آن نمی رسید. مشغول نوشتن کتاب درسی ام بودم، اما کارها پیشرفت خوبی نداشت؛ افکارم متوجه جاهای دیگر بود. صندلی ام را مقابل آتش شومینه گذاشتم و به خواب رفتم. باز هم اتمها در پیش چشمهانم جست و خیز می کردند. این بار گروههای کوچکتر متواضعانه در پشت صحنه باقی ماندند. حال با چشم ذهنم، که دیگر به این گونه مناظر عادت کرده بود، می توانستم ساختارهای درشت تری را که آرایشی چند بعدی داشتند تشخیص دهم: گاه ردیف های بلند به هم نزدیکتر می شدند و با حرکتی مار مانند درهم می پیچیدند. اما نگاه کنید! چه می دیدم؟ یکی از مارها دم خود را به دندان گرفته بود و در مقابل چشمانم به دور خود می چرخید. چنان از خواب پریدم که گویی صاعقه ای بیدارم کرده باشد؛ و این بار نیز بقیه شب را به تنظیم جزئیات فرضیه ام گذراندم.
قابل ذکر است که بعد ها آقای Wotiz یافت شیمیدانی بنام Laurent ده سال قبل از استاد ککوله رینگ کربنی بنزن را تشریح کرده بوده ولی مثل خیلی از اختراعات و اکتشافات دیگر بنام ککوله همه چیز تمام شد.
تاریخ فرهنگ انسان پر از داستانهایی از تصورات بنیادی است که از رویاها تشکیل شده اند. در این دو داستان بحث فقط تعبیر خواب یا به واقعیت پیوستن خواب دیده شده نیست که این مورد بطور حتم و بی شک تصادفی و خیالی است ولی اینجا بحث خلاقیت در خواب است اما مشکل این داستانها در چیست؟
مشکل در اینست که روایت آگاهانه تحت تأثیر داستان قرار دارد. در مورد خاطره نیز چنین است زیرا میتوانیم رویدادی را به یاد بیاوریم که اصلاً رخ نداده است. حتی عجیبتر از آن این است که ممکن است فرد آن خاطره را واقعی بداند. (خانم الیزابت لوفتوس چهره شناخته شده در انجام آزمایشات این داستان میباشند)

اما تحقیقات نشان داده اند احتمال رسیدن به راه حل خلاق پس از خوابیدن در حال فکر کردن به آن، بسیار بالاتر است.
آزمایشاتی در این زمینه نشان میدهد که خواب بخشی از این فرآیند خلاق است اما تنها جزء آن نیست. با این که در عصر حاضر، اهمیت تمرین و تکرار کاهش یافته است، جنبه حفظی و سامان یافته خلاقیت نیز اهمیت دارد. رویاپردازی میتواند به فرآیند القای یک فکر اصیل کمک کند اما این تنها در پی ایجاد پایه استواری از دانش کافی در زمینه ای که به دنبال خلاق بودن در آن هستیم، ایجاد میشود. دانش عمیقی از موضوعی و توان وارد کردن آن در رویاهای خود . شب تنها در صورتی زمان مناسبی برای اجرای یک فرآیند خلاقانه است که ادامه یک روز کار سخت و نظری باشد که پایه های خلاقیت را در رویاها ایجاد کرده باشد.
به طور خلاصه، کارخانه فکرسازی با بازده کامل در طول شیفت شب، به این صورت عمل میکند. خواب حالت بسیار غنی و ناهمگنی از فعالیت عصبی است که امکان درک چگونگی عملکرد هوشیاری را فراهم میکند. در مرحله ابتدایی، هوشیاری کاهش میبابد که این کاهش تصادفی نیست و با هماهنگی بالایی صورت میگیرد که فرآیند تثبیت حافظه را فعال میکند. سپس، مرحله دوم رخ میدهد که در آن، الگوی فعالیت مغزی مختل میشود. در طول این فرآیند، شرایط لازم فکر خلاق نمود پیدا میکند و ترکیبات و احتمالات جدیدی را ایجاد میکند. همه این اتفاقات همراه با یک روایت رویایی رخ میدهد که میتواند ترس، شهوت و سردرگمی را با یکدیگر تلفیق کند. یک حالت رویایی کامل.

اینکه شب بخوابید و خوابی ببینید و صبح بعنوان کاشف یا مخترع شهرت پیدا کنید و یا خوابتان تعبیر شود و احساس پیشگویی و خدایی بهتان دست دهد خزعبلاتی بیش نیست.
اما حالا که داستان سرایی کردم بد نیست داستانی که منجر به اختراع دستگاه الکتروانسفالوگرام شد را هم اگر نشنیدید بشنوید

اولین داده های ثبت شده EEG از مغز انسان در سال ۱۹۲۰ توسط هانس برگر آلمانی انجام شد که او هم به EEG نام خود یعنی موج برگر را لقب داد. علاقه برگر به مطالعه مغز بخاطر تجربه وحشتناک او در زمان جوانی شدت یافت. بعد از شروع تحصیلاتش در ریاضیات و نجوم در دانشگاه برلین، برگر از زندگی در دانشگاه در این کلانشهر بخاطر خدمت سربازی در سال ۱۸۹۲ فاصله گرفت.
در یک روز بهاری، در حالی که سوار اسب بود و توپخانه سنگین چرخداری را برای تمرینات نظامی از تپه به بالا میکشید، اسب او ناگهان ازعقب برگشت و مرد جوان را روی تپه درست در مقابل چرخ توپ به زمین زد. توپی که توسط اسب کشیده میشد در لحظه آخر توقف کرد و برگر از مرگ حتمی نجات یافت و بسیار ترسید. در عصر همان روز، او از پدرش تلگرافی دریافت کرد که جویای حالش بود. برگر بعدا متوجه شد که خواهر بزرگتر او در Coburg در صبح آن روز دلشوره ای در مورد یک حادثه دارد و از پدرش

درخواست کرده است تا جویای حال هانس جوان باشد و او قانع شد که چیزی وحشتناک برای او اتفاق افتاده است. او قبل از این از پدرش تلگرافی دریافت نکرده بود و او بدنبال درک این همزمانی حادثه و دلشوره خواهرش بر مبنای علوم طبیعی بود. به نظر میرسید که وحشت شدید برگر به شکلی فیزیک در آمده و به خواهرش در چند صد مایلی رسیده باشد به بیان دیگر برگر و خواهرش تله پاتی ذهنی با یکدیگر برقرار کرده اند. برگر هرگز این تجربه را فراموش نکرد.
بعد از خدمت سربازی، برگر مجددا تحصیلات دانشگاهی خود را از سر گرفت اما در رشته پزشکی با این هدف که مغز انسان و ارتباط آن با ذهن را بررسی کند. او امید داشت که ساز و کارهای فیزیکی مرتبط با تجربه تله پاتی خواهرش را در زمان تصادف خود کشف کند که منجر به اختراع دستگاه EEG گشت (تله پاتی: احساس از فاصله دور؛ Tele در زبان یونانی به معنای فاصله و Pathos به معنای احساس، درد کشیدن است).الیته همانطور که میدانید امروزه تله پاتی به جز در حضور دستگاههای تقویت کننده و فرستنده و گیرنده امکانپذیر نمیباشد.

در رابطه با یادگیری در طول خواب تا آنجاییکه من اطلاع دارم فقط تحکیم حافظه صورت میگیرد یعنی تحکیم آنچه را که در طول روز در حال یادگیری آن هستید .
فاز موج کوتاه خواب که اگر اشتباه نکنم مرحله۳و٤ non-Rem می باشد و سیکل نوسانات امواج بصورت افزایش و کاهش کمتر از یک ثانیه با فرکانسی حدود ۳ الی ٤ هرتز میانگین می باشد.
اگر در این فاز تونهایی همنوسان با سیکل امواج در این فاز ایجاد کنیم سبب بهبود یادگیری بهتر میشود یعنی افرادی که در طول شب به تون هایی که با ریتم فعالیت مغزیشان هماهنگ است گوش داده اند می توانند در روز بعد نسبت به افرادی که تحریک نشده اند و یا به روشی غیر هماهنگ تحریک شده اند، کلمات بیشتری به خاطر آورند.
این یعنی که می توانیم حافظه یادگیریمان را تقویت کنیم، که به هنگام بیداری از طریق تغییر دادن مکانیزم مغزی به شیوه ای ساده شروع می شود و تا تحکیم بخشیدن به حافظه در طی شب ادامه می یابد. با وجود این، رویای گذاشتن هدفون روی گوشمان در شب و بیدار شدن در صبح روز بعد در حالی که به زبان دیگر صحبت می کنیم همچنان یک خیال باقی می ماند.
حین خواب، نورونها صرفاً با یکدیگر به شکل متفاوتی هماهنگ میشوند و وارد یک وضعیت همگامتر و ریتمیک تر میشوند. جمعیت داخل استادیوم را تصور کنید که موج مکزیکی پیوستها ی را به شکل دایره وار، انجام میدهند.
هوشیاری (خودآگاهی) وقتی نورونها با یکدیگر در ریتمهای پیچیده، ظریف و اغلب مستقل در هماهنگی هستند، پدیدار میشود. در خواب موج‌کوتاه، نورونها بیشتر با یکدیگر همگام هستند و هوشیاری وجود ندارد.
همان‌طور که میتوانید تصور کنید، پیچیدگی بحث و گفتگو در یک استادیوم وقتی‌که هزاران گفتگوی مجزا انجام میشود، باشکوهتر است. در مقابل، وقتی جمعیت با یک‌صدای نعره مانند سرگرم میشود، زمانی با عقلانیت کمتر است.
تصویر سازی و فیلمسازی عین واقعیت را زمانیکه هیچ اطلاعات ورودی از چشم به مغز نداشته باشید را لازم نیست دور از جون در سلولهای انفرادی و اتاقهای تاریک تجربه کنید شب که میخوابید مغزتان اینکار را با بهترین کیفیت انجام میدهد که همان خواب دیدن است.
حالا که صحبت از خواب دیدن شد یک مطلب جالب هم برای اینکه خوابهای شفاف ببینید برایتان میگویم.
دلیل ماهیت کولینرژیک فعال شدن قشر در طول خواب REM، داروهایی که اثری فعال کننده روی مدارهای استیل کولین دارند ممکن است سبب افزایش شفافیت رویاها شود. نیکوتین چنین دارویی است. کسانی که از برچسبهای نیکوتین برای کمک به ترک سیگار استفاده میکنند اغلب افزایش شفافیت رویا را گزارش میدهند. این بدان دلیل است که برچسب به رساندن نیکوتین به بدن حتی درمدت خواب ادامه میدهد، بیشتر از آنچه فرد به طور معمول در شب، اگر سیگار میکشیدند، نیکوتین دریافت میکردند، زیرا آنها در طول خوابشان سیگار نمیکشیدند (این با فرض این است که برچسب در هنگام خواب به بدن وصل بماند، برخی افراد برای کاهش شدت رویاها در هنگام خواب آن را جدا میکنند). شمنهایی که در امریکای جنوبی از تنباکو به عنوان یک ابزار پیشگویی استفاده میکنند ممکن است پیش از عزلت نشینی در شب، به عمد برای افزایش شفافیت رویاهایشان تنباکو استعمال کنند. مهارکننده های استیل کولین استراز پس از آزاد شدن، تجزیه شیمیایی استیل کولین را کاهش میدهند، بنابراین فعالیت خود را در فضای سیناپسی طولانی تر میکنند.
کسانی سیگاری هستند میتوانند درست لحظه قبل از خواب سیگار بکشند وصحت موضوع بالا را بهتر دریابند.

مدت زمان سپری شده در مرحله REM خواب در هر شب در سراسر عمر متغیر است. نوزادان تازه متولد شده تقریبا ۱۶ ساعت در روز میخوابند، نیمی از این زمان خواب در مرحله REM سپری میشود. در سن یک سالگی، یک کودک ممکن است با ٤ ساعت ، در هر روز ۱۲ ساعت بخوابد. مدت زمان صرف شده در REM در طول دوران کودکی کاهش مییابد و در دوران بلوغ در حدود ۱,۵ تا ۲ ساعت در هر شب ثابت میشود و در طول دوران بزرگسالی به همین منوال باقی میماند.
تا جاییکه من اطلاع دارم هم پستانداران و هم پرندگان دارای خواب REM هستند. با این حال، مرحله REM خواب در خزندگان، دوزیستان و یا ماهیها یافت نشده است.

این موضوع نشان میدهد که REM اخیرا طی فرگشت توسعه یافته است، شاید به نوعی با پیچیدگی مغز مرتبط باشد. در طول خواب REM گروههای سلولها در پل مغز و مغزمیانی فعال میشود و تحریک عصبی را در قشر مغزی گسترش میدهد. انتقال دهنده عصبی استیل کولین در مرکز این تحریک است و بسیاری از این نورونهای تحریککننده REM فعال کننده قشر ،کولینرژیک هستند. نتیجه فعالسازی گسترده قشر مغز، تولید حالتی از فعالیت عصبی، بیشتر شبیه به بیداری نسبت به دیگر مراحل خواب است. به علاوه، نورونهای فعال REM سیگنالهایی به عضلات چشم میفرستند که باعث ایجاد حرکات چشم، ویژگی برجسته REM میشود. در نهایت، مهار موتور خروجی از قشر از طریق نخاع وجود دارد. در طول REM، بدن خوابیده آرام است و حرکات کمی، ذخیره شده برای چشمها، وجود دارد. اگر این امر ،منظور مهار موتور خروجی وجود نداشت، بدن خوابیده تکان میخورد و کمی حرکت میکرد، چرا که نواحی حرکتی در لوبهای جلویی مغز در طول REM بسیار فعال هستند.

فصل دوازدهم

کودکان

اشتباه پیاژه!

یکی از زیباترین آزمایش‌هایی که توسط ژان پیاژه، روانشناس مشهور سوئیسی انجام شد، آزمایشی است که «الف نه ب» نامیده می‌شود. بخش اول این آزمایش به این ترتیب است: دو دستمال روی میز قرار دارد، هر کدام در یک سمت میز قرار داده شده است. ابتدا شی‌ای به یک نوزاد ده ماهه نشان داده می‌شود و سپس آن شی با دستمال اول پوشانده می‌شود (به نام الف). نوزاد بدون هیچ مشکل یا تردیدی آن را پیدا می‌کند. پشت این تکلیف ظاهرا ساده یک شاهکار و دستاورد شناختی قرار دارد که نگهداشت ذهنی شئ (باقی شی) نامیده می‌شود: برای یافتن شی، باید یک استدلال وجود داشته باشد که از آنچه در سطح حواس قرار دارد، فراتر رود. شیء ناپدید نمی‌شود، صرفا پنهان می‌شود. برای اینکه نوزاد قادر باشد این مسئله را درک کند باید این دیدگاه را نسبت به جهان پیدا کند که وقتی اشیاء را نمی‌بینیم به معنای نابود شدن‌شان نیست. البته این مسئله انتزاعیست.

قسمت دوم آزمایش دقیقا به همین شکل شروع می‌شود. یک شیء به همان نوزاد ده ماهه نشان داده می‌شود و سپس با همان دستمال الف پوشانده می‌شود، با این تفاوت که قبل از اینکه نوزاد کاری انجام دهد، شخص آزمایشگر شی را به زیر دستمال ب حرکت می‌دهد و مطمئن می‌شود که نوزاد این جا به جایی را دیده است. اینجاست که وضعیت پیچیده می‌شود: نوزاد دستمالی که شی برای بار اول زیر آن پنهان شده بود را بلند می‌کند، انگار جابه جایی را ندیده است. این خطا رایج است و در هر فرهنگ در نوزادان ده ماهه رخ می‌دهد. این آزمایش قابل توجه و دقیق است و صفات اساسی طرز فکر ما را نشان می‌دهد. اما این نتیجه گیری پیاژه که نوزادان این رده سنی هنوز به طور کامل ایده انتزاعی بقای شیء را درک نمی کنند، اشتباه است. هنگام بازبینی این آزمایش، چند دهه بعد، تفسیر قابل قبول تر و جالب‌تر این است که نوزادان می‌دانند شی جا به جا شده است اما نمی‌توانند از آن اطلاعات استفاده کنند. آنها مانند حالت مستی کنترل خوبی بر اعمال شان ندارند. بطور دقیق‌تر، در نوزادان ۱۰ ماهه هنوز سیستم کنترل مهارکننده یا بازدارنده رشد نیافته است، یعنی توانایی این را ندارند که جلوی خودشان را بگیرند کاری که قبلا برای انجامش برنامه ریزی کرده بودند را انجام ندهند. در واقع، این مثال به قاعده تبدیل می‌شود.

شبکه موجود در قشر پیشانی مغز (پره فرونتال)که سیستم اجرایی را سازماندهی می کند ما را به عنوان موجودات اجتماعی تعریف می کند. یک مثال ساده :وقتی یک بشقاب داغ را در دست می گیریم، واکنش طبیعی این خواهد بود که بلافاصله آن را بیاندازیم. اما یک بزرگسال، عموما، از آن واکنش جلوگیری خواهد کرد در حالی که سریعا ارزیابی می کند که آیا جایی در نزدیکی هست که آن را زمین بگذارد و مانع شکستن بشقاب شود.

سیستم اجرایی همه این فرایندها را اداره، کنترل و مدیریت می کند. برنامه ها را تثبیت می کند، تضادها را حل می کند، تمرکز توجه ما را مدیریت می کند، و از برخی واکنش ها و عادات ممانعت می کند. پس توانایی کنترل اعمال ما به قابلیت اعتماد سیستم عملکرد اجرایی بستگی دارد. «اگر این سیستم به درستی کار نکند، ما بشقاب داغ را می اندازیم، سر میز غذا آروغ می زنیم، و همه پول خود را در قمار می بازیم.

قشر قدامی مغز در ماه های اول زندگی بسیار نارس است و با سرعت بسیار کمتری نسبت به سایر مناطق مغز و به آهستگی توسعه می یابد. به همین دلیل، اطفال می توانند فقط نسخه های بسیار ابتدایی عملکردهای اجرایی را نشان دهند.

روانشناس و عصب شناسی معروف مطالعه ای جامع و دقیق در مورد توسعه عملکرد فیزیولوژیکی، عصبی- شیمیایی و اجرایی در طی نخستین سال زندگی انجام داد. وی دریافت که رابطه دقیقی بین برخی جنبه های توسعه قشر پره فرونتال و توانایی کودکان در انجام فعالیت الف- نه- ب پیاژه وجود دارد.

چه چیزی مانع توانایی کودک در حل این مسئله ظاهرا ساده می شود؟ آیا این است که کودکان نمیتوانند موقعیت های مختلفی را که شئ می تواند در آن پنهان شود به خاطر بیاورند؟ آیا به این دلیل است که آنها نمی فهمند که محل شیء تغییر کرده است؟ یا، آنگونه که پیاژه می گوید، به این دلیل است که کودکان حتی بطور کامل نمی فهمند که آن شیء وقتی در زیر یک دستمال پنهان می شود، از بین نرفته است؟ با بکار بردن همه متغیرهای آزمایش پیاژه- تعداد دفعاتی که کودکان یک عمل را تکرار می کنند، طول زمانی که آنها موقعیت شیء را به یاد می آورند، و روشی که آنها آگاهی خود را بیان می کنند- وی توانست نشان دهد که عامل اصلی مانع حل این مسئله

عدم توانایی کودکان در جلوگیری از پاسخی است که آنها از قبل آماده کرده اند. و با این یافته، وی مبانی یک جابجایی الگو را بنا نهاد: کودکان همیشه به یادگیری مفاهیم جدید نیاز ندارند؛ گاهی فقط نیاز دارند یاد بگیرند چگونه مفاهیمی را که از قبل می دانند بیان نمایند.

بنابراین می دانیم که کودکان ده ماهه نمی توانند در برابر وسوسه دراز کردن دست خود به سمتی که قبلا برنامه ریزی کرده اند مقاومت کنند، حتی وقتی آنها درک می کنند که شیئی که آنها می خواهند به آن برسند تغییر مکان داده است. همچنین می دانیم که این به نارسی کاملا اختصاصی قشر قدامی در مدارها و ملکول هایی مربوط می شود که کنترل بازداشتی را هدایت می کنند. اما چگونه می فهمیم که کودکان واقعا درک می کنند که آن شیء در جایی جدید پنهان شده است؟
کلید در نگاه آنها است. در همان حال که کودکان دست خود را به سمت محل اشتباه دراز می کنند، به مکان درست نگاه می کنند. نگاههای آنان و دست های آنان به جاهای متفاوت اشاره می کنند. نگاه آنها نشان می دهد که می دانند شیء کجاست؛ حرکت دست آنها نشان می دهد که نمی توانند از واکنش اشتباه جلوگیری کنند. آنها– و ما– هیولاهای دو سر هستیم. در این مورد، همانند بسیاری از موارد دیگر، تفاوت بین کودکان و بزرگسالان آن چیزی نیست که می دانند بلکه بیشتر در این است که چگونه می توانند بر مبنای آن آگاهی عمل کنند.

در واقع، موثرترین راه تشخیص اینکه کودکان به چه می اندیشند معمولا از طریق مشاهده نگاه آنها است. با این مقدمه که کودکان به چیزی که آنها را شگفت زده می کند بیشتر نگاه می کنند، یک سری از بازی ها را می توان ترتیب داد تا کشف نمود که آنها چه چیزی را می توانند و چه چیزی ر ا نمی توانند تشخیص دهند، و این می تواند پاسخ هایی در مورد بازنمایی های ذهنی آنان ارائه دهد. برای نمونه، آنگونه بود که کشف شد کودکان، یک روز پس از تولد، از قبل دارای تصوری از تعداد هستند، چیزی که قبلا تعیین آن ناممکن به نظر می رسید.
آزمایش اینگونه عمل می کند. به کودک یک سری تصاویر نشان داده می شود. سه اردک، سه مربع قرمز، سه دایره آبی، سه مثلث، سه میله . . . تنها نظم این توالی یک عنصر انتزاعی، پیچیده است: همه آنها مجموعه هایی سه تایی هستند. بعدا به کودک دو تصویر نشان داده می شود. یکی سه گل و دیگری چهار گل دارد. نوزادان به کدامیک بیشتر نگاه می کنند؟ البته نگاه متغیر است، اما آنها بطور ثابت به تصویری با چهار گل طولانی تر نگاه می کنند. و دلیل این امر این نیست که آنها به آن تصویر نگاه میکنند چون چیزهای بیشتری در خود دارد. اگر به آنها ردیفی از گروه هایی با چهار شیء را نشان میدادند، آنها بعدا به موردی که یک گروه سه تایی دارند بیشتر نگاه می کردند. به نظر می رسد از همیشه نگاه کردن به تعداد یکسانی از اشیاء خسته می شوند و از کشف تصویری که این قانون را نقض می کند شگفت زده می شوند.
دو دانشمند ثابت کردند که مفهوم تعداد حتی زمانی که کمیت ها در ابعاد حسی متفاوت بیان می شوند نیز وجود دارد. نوزادانی که یک سری متشکل از سه بوق را می شنوند انتظار دارند که سپس سه شیء ببینند و وقتی این حالت صادق نباشد، شگفت زده می شوند. به این معنی که، کودکان فرض می کنند تناظر مقادیر بین تجربه شنیداری و دیداری وجود دارد، و اگر از آن قاعده انتزاعی پیروی نشود، نگاه آنها ماندگارتر می شود. این نوزادان فقط چند ساعت از به دنیا آمدنشان می گذرد اما از قبل دارای مبانی ریاضیات در دستگاه ذهنی خود هستند.

غریزه زبان

علاوه بر آماده بودن جهت ساخت مفهوم، مغز یک نوزاد برای زبان نیز مستعد شده است. این ممکن است عجیب به نظر برسد. آیا مغز برای زبان فرانسوی، ژاپنی یا روسی آماده شده است؟ در واقع، مغز برای همه زبان ها آماده شده است زیرا همه آنها–در قلمروی وسیع صداها– مشترکات بسیاری دارند.

کلیه زبان ها ویژگی های ساختاری مشابهی دارند. آنها به صورت سلسله مراتب شنیداری آواهایی سازماندهی شده اند که به صورت کلمات گروه بندی می شوند، و کلمات به نوبه خود به هم وصل میشوند تا جملات را تشکیل دهند. و این جملات بطور نحوی و با خاصیت برگشت سازماندهی می شوند که به زبان تطبیق پذیری و اثربخشی وسیع آن را می بخشد

مغز دارای یک معماری بسیار دقیق است که، علاوه بر سایر موارد، آن را برای زبان مطلوب میسازد گرچه زبان پر از قواعد دستوری بسیار پیچیده و تقریبا همیشه مبهم است، چرا کودکان میتوانند زبان را به این آسانی بیاموزند؟

این ایده اکنون بوسیله اثبات های تجربی متعددی ارزشیابی شده است. یک از جالب ترین موارد بوسیله ژاک ملر Jacques Mehler ارائه شد، که کودکان فرانسوی کوچکتر از پنج سال را واداشت که به توالی ای از عبارات مختلفی که از سوی افراد متفاوت، هم زن و هم مرد، ادا شده بودند، گوش کنند. تنها چیزی که در همه عبارات مشترک بود این بود که آنها به زبان هلندی بودند. هر از گاهی عبارات بطور ناگهانی به ژاپنی تغییر می کردند. وی سعی می کرد بفهمد که آیا آن تغییر کودکی را متعجب خواهد کرد، که نشان میداد کودکان قادرند زبان را رمزگشایی کنند و تشخیص دهند.

در این مورد، روش اندازه گیری تعجب کودکان تداوم نگاه آنها نبود بلکه شدت کشیدن عروسک از سوی آنها بود. ملر دریافت که وقتی زبان عوض می شد، کودکان عروسک را سخت تر می کشیدند– مانند مگی سیمپسون– و نشان دهنده این بود که آنها دریافته بودند که چیزی مرتبط یا متفاوت در حال رخ دادن بود. نکته اینجا است که وقتی وی همین آزمایش را با صدای همه عبارات به صورت معکوس، انگار یک نوار روبه عقب پخش می شود، انجام داد، این اتفاق رخ نداد. معنی آن این است که کودکان توانایی تشخیص دسته بندی از هر نوع صوتی را نداشتند بلکه در عوض آنها بطور اختصاصی برای پردازش زبانها تنظیم شده بودند.

از آنجا که مغز انسان از قبل به هنگام تولد برای زبان مهیا شده است، باید انتظار یافتن پیش ماده های زبان در پسر عموهای تکاملی خود را داشته باشیم.
این دقیقا همان چیزی است که گروه ملر با نشان دادن اینکه میمون ها نیز دارای حساسیت های شنیداری تنظیم شده برای زبان هستند، اثبات کرد. درست مانند کودکان، میمون های تامارین هر بار که زبانی که آنان در آزمایش می شنیدند تغییر می کرد، با همان میزان تعجب واکنش نشان دادند. همانند کودکان، این حالت مختص زبان بود، و وقتی عبارات رو به عقب پخش شدند، رخ نداد.

این آشکار سازی بسیار گیرا بود، لازم به ذکر نیست که هدیه ای برای رسانه ها نیز بود . . . «میمون ها ژاپنی صحبت می کنند» نمونه ای عالی از این است که چگونه می توان یک یافته مهم علمی را با یک تیتر بسیار بد تخریب نمود. آنچه این آزمایش ثابت می کند این است که زبان ها بر اساس حساسیت مغز نخستین به ترکیب های خاصی از صداها بنا شده اند. این به نوبه خود می تواند تا حدی توضیح دهد که چرا اکثر ما در سنین بسیار کم به راحتی می آموزیم که زبان محاوره ای را درک کنیم.
مغزهای ما از روزی که متولد می شویم برای زبان مهیا و آماده شده اند. اما به نظر نمی رسد این آمادگی بدون تجربه اجتماعی، و بدون استفاده آن در ارتباط با افراد دیگر محقق شود. این نتیجه گیری از مطالعات کودکان وحشی شده بدست می آید که بدون هر گونه ارتباط انسانی رشد می کنند.

توانایی صحبت به یک زبان تا حد زیادی، در جامعه آموخته می شود. اگر کودکی در جدایی کامل از دیگران رشد کند، توانایی وی در یادگیری زبان تا حد زیادی آسیب می بیند.

آمادگی مغز برای یک زبان جهانی از طریق تماس با دیگران کامل می شود، دانش جدیدی کسب میکند (قواعد دستوری، کلمات، آواها) یا تفاوت هایی را که به زبان مادری فرد بی ربط است فراموش میکند.
اختصاصی شدن زبان ابتدا با آواها صورت می گیرد.
در عمل، یک کودک دارای مغزی جهانی است که می تواند تفاوت های آوایی هر زبان را تشخیص دهد. در طول زمان، هر مغز دسته بندی ها و موانع آوایی خودش را ایجاد می کند که به کاربرد اختصاصی زبان آن بستگی دارند
آن مرزها برای شناسایی آواها در فضای صداها بین شش و نه ماهگی تشکیل می شوند. و آنها البته به زبانی بستگی دارند که در حین رشد می شنویم. و این سنی است که مغز ما دیگر جهانی نیست.
پس از مرحله آغازین که در آن آواها تثبیت می شوند، زمان کلمات فرا می رسد. در اینجا پارادوکسی وجود دارد که، در ظاهر، حل آن دشوار به نظر می رسد. کودکان چگونه می توانند کلمات را در یک زبان بشناسند؟

مسئله فقط این نیست که چگونه معنی هزاران کلمه ای که آن را تشکیل می دهند یاد بگیریم. وقتی کسی یک عبارت را برای نخستین بار به آلمانی می شنود، نه تنها نمی داند که معنی هر کلمه چیست بلکه حتی نمی تواند آنها را در پیوستار صوتی عبارت تشخیص دهد. این به خاطر این واقعیت است که در زبان محاوره ای مکث هایی وجود ندارند که معادل جای خالی بین کلمات نوشته شده باشند.مثل جمله زیر: اینبدینمعناستکهگوشدادنبهصحبتیکشخصمانندتلاشبرایخواندناینجملهاست. و اگر کودکان نمی دانند کدامیک کلمات زبان هستند، چگونه می توانند آنها را در این پیچیدگی بزرگ تشخیص دهند؟
یک راه حل صحبت با کودکان به آرامی و با تلفظ اغراق آمیز است– آنگونه که وقتی شبیه بچه ها صحبت می کنیم. در صحبت مانند کودکان مکث هایی بین کلمات وجود دارد، که کار قهرمانانه کودک در تقسیم یک جمله به کلمات تشکیل دهنده آن را تسهیل می کند.

اما این به تنهایی نمی تواند توضیح دهد که چگونه کودکان هشت ماهه از قبل شروع به تشکیل مخزن عظیمی از کلمات می کنند، که حتی نمی دانند بسیاری از آنها را چگونه تعریف نمایند. برای انجام این کار، مغز از اصلی شبیه به آنچه بسیاری از رایانه های پیچیده برای تشخیص الگوها بکار می برند، به نام یادگیری آماری استفاده می کند. دستور کار ساده است و فراوانی انتقال بین سیلاب ها و تابع را تعیین می کند. از آنجا که کلمه Hello به فراوانی استفاده می شود، هر بار که سیلاب «hel» شنیده میشود، احتمال زیادی وجود دارد که پس از آن سیلاب «lo» بیاید. البته اینها فقط احتمالات هستند، زیرا گاهی کلمه Helmet یا Hellraiser خواهد بود، اما کودک از طریق محاسبه فشرده این انتقالات، کشف می کند که سیلاب «hel» تعداد نسبتا کمی ادامه پرتکرار دارد. و در نتیجه، با تشکیل پل هایی بین پرتکرار ترین انتقالات، کودک می تواند سیلاب ها را ترکیب کند و کلمات را کشف نماید. این روش یادگیری، که بوضوح آگاهانه نیست، همانند روشی است که گوشی های هوشمند برای تکمیل کلمات با الحاقیه ای استفاده می کنند که آنها به عنوان محتمل ترین و شدنی ترین الحاقیه یافته اند؛ همانطور که می دانیم، پیشنهاد آنها همیشه درست نیست.

اینگونه است که کودکان کلمات را می آموزند. این یک فرایند فرهنگ نویسی نیست که در آن یک فرهنگ لغت تکمیل می شود و در آن هر کلمه با معنی یا تصویر آن همراه است. تا حد زیادی، نخستین رویکرد به کلمات ریتمیک، موسیقیایی و عروضی است. بعدها با معنی طنین انداز می شوند.
مارینا نسپورMarina Nespor یک زبان شناس خارق العاده، می گوید که یکی از دشواری های مطالعه زبان دوم در بزرگسالی این است که ما دیگر از این فرایند استفاده نمی کنیم. وقتی بزرگسالان زبانی می آموزند، معمولا این کار را عامدانه و با بهره گیری از دستگاه آگاهانه خود انجام می دهند؛ آنها سعی می کنند کلمات را از طریق حفظ کردن آنها از فرهنگ لغات و نه از طریق خوش آهنگی زبان بیاموزند. به نظر مارینا در صورتی که ما از مکانیسم طبیعی نخست تحکیم موسیقی کلمات و قواعد آهنگ زبان تقلید می کردیم، فرایند یادگیری ما بسیار ساده تر و موثرتر می شد.

کودکان قبل از استفاده از ضمیر من یا اسم خودشان از ضمایر ملکی مال من استفاده میکنند. این پیشرفت زبانی حقیقتی خارق العاده را نشان میدهد :

مفهوم مالکیت قبل از مفهوم هوّیت به وجود میآید، نه بالعکس.

در نزاعهای اولیه بر سر دارایی، اصول قانون نیز تمرین میشوند. کم سنّ و سالترین بچه ها بر اساس خواسته های خودشان ادعای مالکیت بر چیزی را مطرح میکنند : «این شیء مال من است، چون من آن را میخواهم.(گریه بچه های زیر ۱۸ ماه).
بعدها، حدود دو سالگی، آنها با اعتراف به حقوق دیگران، ادعا میکنند که مالک همان دارایی هستند. درک مالکیت دیگران راهی برای پی بردن به این نکته است که افراد دیگری نیز وجود دارند. اولین استدلالهایی که کودکان میکنند، معمولاً چنین هستند : «آن شیء اوّل مال من بود.»؛ «آن را به من دادند». این درک شهودی که اولین فردی که چیزی را به دست بگیرد، حق نامحدودِ استفاده از آن را به دست میآورد، در بزرگسالی نیز از بین نمیرود. نزاع سخت درباره محل پارک کردن خودرو، صندلی اتوبوس یا ادعای مالکیت یک جزیره توسط اولین کشوری که پرچمش را در آنجا به اهتزاز درآورده است، نمونه های شخصی و سازمانی هستند که درباره این روش اکتشافی ذهنی وجود دارند. شاید به همین دلیل تعجب آور نیست که درگیریهای اجتماعی بزرگ، مانند مسائل خاورمیانه، با استدلالهایی ادامه پیدا کرده اند که شبیه به استدلالهایی هستند که در مشاجرات بین کودکان دو ساله از آنها استفاده میشود : «من اول اینجا آمدم»؛ «آن را به من دادند (نه به شما)».

کودکان زیر دوسالی را که حرف نمیزنند دست کم نگیرید همانند موارد قبلی که خدمتتان ارائه کردم نمونه ای دیگر را با هم میخوانیم : اکتشاف علمی در جهان کودکان نشان میدهد که آنها تئوری می سازند و براساس محتمل ترین توضیحی که برای داده های مشاهده شده شان پیدا میکنند، دست به ساخت مدل می زنند.

نمونه های زیادی از این دست وجود دارد اما جالب ترین آنها مربوط به آزمایشی است که آندرو ملتزوف Andrew Meltzoff در سال ۱۹۸۸ انجام داد. یک بازیگر وارد اتاق شد و مقابل جعبه ای بزرگی که یک دکمه پلاستیکی بزرگ داشت نشست، دکمه را با سرش فشار داد و از آنجا که جعبه ماشینی بود که با پول کار می کرد و حالا به کار افتاده بود، فانفاری با نورها و صداهای رنگارنگ ظاهر شد. پس از آن یک کودک یک ساله که در آغوش مادرش نشسته و این صحنه را دیده بود در مقابل همین ماشین قرار گرفت. پس از آن کودک بی اختیار خم شد و دکمه دستگاه را با سرش فشار داد.
آیا کودک خیلی ساده تنها از بازیگر تقلید کرده یا یک رابطه علت و معلولی بین دکمه و نورها پیدا کرده بود؟ انتخاب یکی از این دو احتمالا به آزمایش جدیدی نیاز دارد؛ مثل آزمایشی که فیزیولوژیست مجار گئورگی گرگلی Gyorgy Gergely ، ١٤ سال بعد یعنی سال ۲۰۰۲ انجام داد. ملتزوف فکر می کرد که کودکان وقتی دکمه را با سرشان فشار می دهند در حقیقت دارند از بازیگر تقلید می کنند. گرگلی نظر دیگری داشت که جسورانه تر و جالب تر بود؛ بچه ها می فهمند که بزرگسال هوشمند است به همین خاطر اگر بزرگسالان دکمه را با دست شان فشار نمی دهند (که با دست فشار دادن قاعدتاً کار طبیعی تری هم هست)، به این خاطر است که فشار دادن دکمه با سر اکیدا لازم است.
این تئوری جسورانه نشان می دهد که استدلال نوزادان احتمالا بسیار پیچیده تر است و حاوی تئوری هایی است که به آنها میگوید اشیا و افراد چه طور عمل میکنند. اما چه طور می توان این گونه استدلال ها را در کودکی که هنوز حرف نمی زند تشخیص داد؟ گرگلی به شیوه ساده و جالبی این مسئله را حل کرد. یک موقعیت همسان در زندگی روزمره را در ذهن خود تصور کنید. یک شخص با تعداد زیادی کیسه قدم می زند و دسته دری را با آرنجش باز می کند. همه ما می فهمیم که دسته های در ، برای این ساخته نشده اند که با آرنج باز شوند و شخص این کار را می کند چون چاره ای ندارد. اگر این کار را در آزمایش ملتزوف تکرار کنیم چه رخ خواهد داد؟ همان بازیگر از راه می رسد، کیسه ها را نگهمیدارد و دکمه را با سرش فشار می دهد. اگر بچه ها خیلی ساده صرفا از بازیگر تقلید کنند، آنها هم همین کار را تکرار می کنند. اما از سوی دیگر اگر قادر به تفکر منطقی باشند، درک می کنند که بازیگر دکمه را با سرش فشار داد چون دستش پر بود. بنابراین بچه ها برای این که دوباره نورهای رنگی را ببینند و صداها را بشنوند فقط باید دکمه را با هر بخش

از بدنشان فشار دهند.
آنها آزمایش را انجام دادند. نوزاد بازیگر را مشاهده کرد که با کیسه های سنگین خرید وارد شد و دکمه را با سرش فشار داد. بعد کودک در آغوش مادرش نشست و دکمه را با دستش فشار داد. همین کودک وقتی می بیند که بازیگر همان کار را (یعنی فشار دادن دکمه با سر را)با دست های آزاد می کند، دکمه را با سرش فشار می دهد.
کودکان یک ساله براساس آنچه مشاهده می کنند، در خصوص نحوه کارکرد اشیا تئوری پردازی می کنند. و یکی از این مشاهدات، درک دیدگاه های فکری مردم است، فهمیدن این که چه قدر می دانند، چه می توانند بکنند و چه کاری را نمی توانند انجام دهند. به بیان دیگر، در دنیای علم کاوش می کنند.
نمونه ای دیگر :

کسی که دزدی می کند...

ساخت و شکل گیری اخلاق بسیار پیچیده است. ما نمی توانیم صرفا با مشاهده کسی که به دیگری کمک می کند او را به عنوان فردی خوب یا بد مورد قضاوت قرار دهیم. به عنوان مثال کمک کردن به یک دزد معمولا به عنوان یک کار بد تلقی می شود. آیا نوزادان هم فردی را که به یک دزد کمک می کند به فردی که راه کسی را می بندد ترجیح می دهد؟ حالا ما درست در قلب آب های تیره ای هستیم که اخلاق و قانون ازآن منشا گرفته اند. اما در همین دریای پر آشوب و در هم و برهم نوزادانی که فقط ۹ ماه تا یک سال از عمرشان می گذرد یک دیدگاه بنیادی دارند.
آزمایشی که این نکته را ثابت کرد چیزی شبیه به این بود. نوزادان یک عروسک دستی را می دیدند که سعی میکرد یک جعبه را بالا بکشد تا یک اسباب بازی را از آن بیرون بیاورد. سپس یک عروسک کمک رسان ظاهر می شود و به او کمک می کند سرپوش را بردارد و اسباب بازی را بگیرد. اما در یک صحنه دیگر یک عروسک ضداجتماع از روی عناد بر روی جعبه می پرد در جعبه را محکم به هم می کوبد و نمی گذارد اولین عروسک به اسباب بازی برسد. بین دو عروسک نوزادان عروسک کمک رسان را انتخاب می کنند. اما در اینجا وین Wynn پا را فراتر گذاشت و کار جالبی کرد: او می خواست بفهمد که نوزادان حتی پیش از انکه کلمه ها را بشناسند، درباره دزدی از یک فرد بد چه طور فکر می کنند.
به همین منظور یک ماجرای دیگر به تئاتر عروسکی اش اضافه کرد. حالا عروسک کمک رسان یک توپ گم می کند. گاهی اوقات در باغی که از مسیرهای منشعب تشکیل شده یک شخصیت عروسکی جدید بر روی صحنه ظاهر می شود و توپ را بر می گرداند. در موارد دیگر یک شخصیت عروسکی دیگر وارد می شود، توپ را می دزدد و فرار می کند. بچه ها شخصیتی را ترجیح می دهند که توپ را بر می گرداند. اما بخش جالب تر و اسرارآمیزتر آزمایش زمانی رخ می دهد که این صحنه ها برای شخصیت ضد اجتماع داستان که با عصبانیت روی جعبه پریده بود تکرار می شود. در این مورد، بچه ها نظر خود را تغییر می دهند. آنها از کسی که توپ عروسک ضد اجتماعی را می دزدد و فرار می کند طرفداری می کنند. در ذهن نوزادان نه ماهه آنهایی که مزد آدم بده را کف دستش می گذارند دوست داشتنی تر از آنهایی هستند که به او کمک می کنند، دست کم در دنیای عروسک ها، جعبه ها و توپ ها چنین است
نوزادانی که هنوز نمی توانند صحبت کنند و قادر به کنترل و هدایت دست های شان برای گرفتن اشیا نیستند، در ذهن شان کاری پیچیده تر از قضاوت صرف درباره اعمال سایرین انجام می دهند. آنها زمینه و گذشته افراد را در نظر می گیرند و همین به آنها امکان می دهد فهم پیچیده ای از عدالت داشته باشند. قابلیت های ذهنی نامتناجنس فوق العاده به این ترتیب در طول اولین مراحل رشد انسان شکل می گیرند.
تحلیل اطلاعات شاید از ابتدا خیلی گسترده نبوده ولی قطعاً در طی فرگشت رشد طبیعی داشته است. شما برای اینکه ببینید چه چیزی(رفتاری) ریشه فرگشتی دارد(برای بقا خاصیتی داشته) باید آزمایش را روی کودکان زیر دوسال قبل از اینکه به حرف زدن بیفتند بررسی کنید و همانطور که قبلاً هم ارائه کردم نشان داده شده که کودکان قبل از آنکه حرف زدن را یاد بگیرند میتوانند وقتی که انتظار عمل اشتباهی را از انجام دهنده بازی دارند با هشدار به او مداخله پیشاپیش هم داشته باشند به این معنا که، زمانی که سروکارشان با کارهایی است که از پیش میدانند که اتفاق خواهند افتاد، اما هنوز رخ نداده اند، سعی دارند تا خلاء ارتباطی را بپوشانند.
«قابلیت پیش بینی اقدامات دیگران و اقدام مطابق با آن در محوریت یاد دادن قرار دارد و حتی پیش از آنکه کودک شروع به حرف زدن و راه رفتن کند، به صراحت دیده میشود.»
مثلاً ایما و اشاره یکی از راهکارهای برقراری ارتباط و تجزیه تحلیل مفاهیم به اشتراک گذاشته بوده و هست.
کلیدهای ایما به سادگی قابل شناسایی است. یکی از آنها نگاه مستقیم به چشمان افراد دیگر و هدایت بدن به سمت آنهاست با این هدف که

نگاه خیره یا نزدیکی بدن فرد به شنونده به مثابه آهنربایی برای جلب توجه آنها عمل کند. یکی دیگر از علائم ایمائی بالا انداختن ابروها یا تغییر آهنگ صدا است. همه این موارد ما را تبدیل به سیستم حرکت بدن (ژست) میکند که شاید برای ما امری عادی باشد اما، مساله اینجاست که هیچگاه اینها را یادمان نداده اند ولی همه آنها تعیین کننده کارایی انتقال پیام ماست. شاید خارق العاده ترین نمود این که از حرکت بدن به چه شکل بی آنکه نیاز به یاد دادن باشد به صورت طبیعی استفاده میشود این است که حتی نابینایان نیز به شکل مادرزای از آنها استفاده میکنند آن هم در شرایطی که آنها را با حسهای دیگرشان درک نکرده باشند،که در اغلب موارد اینچنین است.

میتوانیم این روش را نوعی کانال ارتباطی در نظر بگیریم. انتقال پیام به شکل موثر انجام خواهد شد.

«اگر این کانال ارتباطی را خوب تنظیم کنیم و اگر نتوانیم فرکانس دقیق این کانال طبیعی ارتباط انسانی را بیابیم، پیام حاوی نویز و اغتشاش خواهد بود یا به شکل موثر انتقال نخواهد یافت.»

کانال ایمائی ارتباط انسانی از همان روز تولدمان فعال است. تازه متولدین نه تنها زمانی که با نگاه کردن با آنها، تغییر آهنگ صدایمان، صدا کردن اسم آنها یا اشاره به اشیاء مرتبط با آنها ارتباط برقرار میکنیم بیشتر یاد میگیرند بلکه، به شیوه ای کاملا متفاوت نیز یاد میگیرند.

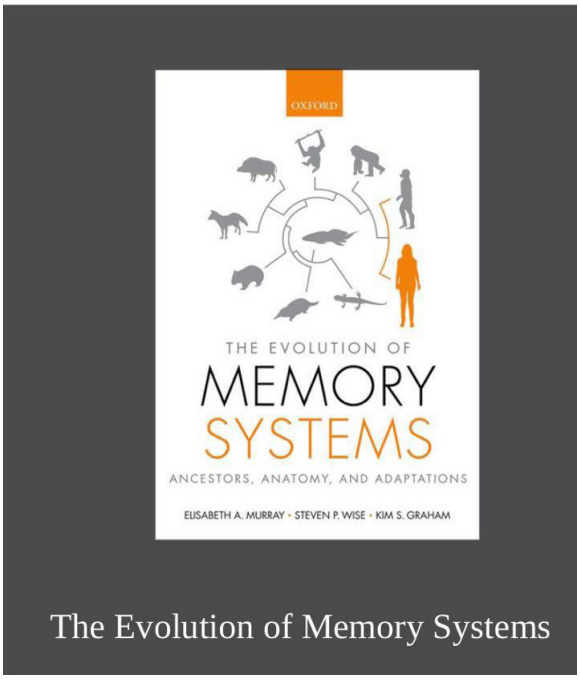
زمانی که پیامی با ایما انتقال داده میشود گیرنده پیام درمی یابد که چیزی را که دانسته است فراتر از آن مورد خاص نشان داده شده است.

یا مطلبی که در مورد بازسازی حالات چهره و احساس دیگران با عضلات صورت خود قبلاً ارائه کردم همه و همه نشان از آن دارد که در طی فرگشت شاخ و برگهای تجزیه تحلیل این به اشتراک گذاری دانش بیشتر و بیشتر شده است.

فصل سیزدهم

فرگشت حافظه

The evolution of human memory



همچون کلیه صفات زیستی، حافظه انسان نیز بازتابی از یک تاریخ تکاملی طولانی مدت است که بخش اعظم آن با دیگر حیوانات مشترک است. با این حال با کمی استثنا، در مباحث مربوط به حافظه، تکامل چندان مورد توجه قرار نگرفته یا اغلب به شیوه ای منسوخ به این موضوع نگاه شده است. در نتیجه، به مدت بیش از یک قرن ایده ساده ای در مورد قشر مغز در جوامع علمی حکمفرما بود: بخش های مختلف قشر مغز کارکرد خاصی دارند و هر کدام به عنوان نواحی مربوط به حافظه، ادراک، کنترل حرکات یا کنترل عملکردهای اجرایی (بیشتر تصمیم گیری) عمل می کنند. با این حال با توجه به دیدگاه معاصر در خصوص تکامل مغز، واضح است که مغز به این سادگی ها عمل نمی کند.

در واقع روند تکامل باعث شده بخش های مختلف قشر مغز، بازنمودهای نورونی متمایزی داشته باشند که بسیاری از آنها در طول دوره های گذر اصلی تکامل یافته اند. هر یک از این بخش های بازنمودی، مربوط به اطلاعاتی است که توسط شبکه ای از نورون ها پردازش و ذخیره شده و همین هاست که حافظه و همین طور توانایی ما برای درک جهان و کنترل اعمال مان را پایه ریزی می کنند.

سیستم های بازنمودی متعددی در طول تکامل تشکیل شده و هر بار یک سیستم جدید به سیستم های قبلی که از اجدادمان به ارث برده ایم اضافه شده است. شکل گیری این سیستم ها یک دلیل اساسی و مشترک دارد: حل مسئله و بهره برداری از فرصت هایی که در گذشته دور، اجداد ما در زمان های خاص و در مکان های خاص با آن رو به رو بوده اند. در نتیجه حافظه مدرن از پیشروی مداوم تکامل شکل گرفته است.

... با کمی استثنا، در مباحث مربوط به حافظه، تکامل چندان مورد توجه قرار نگرفته یا اغلب به شیوه ای منسوخ به این موضوع نگاه شده است.

بررسی تکامل مغز، منجر به شناسایی هفت سیستم بازنمودی در مغز انسان شده است:

۱. سیستم های تقویت یادگیری که در حیوانات بدوی تکامل یافته است. همه حیوانات مدرن این مجموعه متنوع از سازو کارهای مغزی را به ارث برده اند. این سیستم با سیستم های بازنمودی که بعدا تکامل یافته، تعامل دارد.

۲. سیستم راهیابی که در مهره داران اولیه تکامل پیدا کرد. این سیستم با استفاده از بازنمودهای نقشه مانند به راه یابی در طول مسیرهای جدید کمک می کند. این سیستم بعدها با گستره وسیعی از رفتارهای مختلف سازگاری و انطباق پیدا کرد. برخی از قدیمی ترین اجزا قشر مغز در این سیستم تمایز یافته اند.

۳. سیستم رقابت هدفدار که در پستانداران اولیه و براساس قشر جدیدی به نام نئوکورتکس که در این موجودات شکل گرفت، تکامل یافت. این سیستم بازنمودی مربوط به اطلاعاتی است که پستانداران را قادر می سازد وقتی برای هدایت رفتار با یکدیگر رقابت می کنند، سیستم های قدیمی تر را تنظیم کنند.

٤. سیستم جست و جو با دست که در نخستی های اولیه تکامل پیدا کرد. این سیستم در بخشی از نواحی قشری جدید واقع است و انتخاب ها و اعمالی را هدایت می کند که به نخستی های اولیه امکان می دهند اشیا را بقاپند و چیزهای باارزشی که روی شاخه نازک درختان قرار دارد را دستکاری کنند.

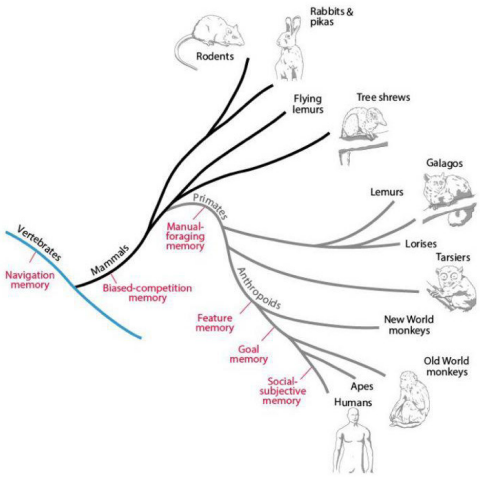
۵. سیستم ریخت شناسی که در نخستی های شبه انسان تکامل پیدا کرد. این سیستم به موجودات امکان می دهد خصوصیات کمی و کیفی جهان اطراف شان را درک کنند و آن را به خاطر بسپارند. مادامی که حیوانات بزرگتر می شوند و فواصل دورتری را مسیریابی می کنند، این سیستم به آنها امکان می دهد در فواصل دورتری به جست و جوی غذا بپردازند.

٦. سیستم هدف که کمی بعدتر در بخش های جدیدی از لوب پیشانی که در شبه انسان ها شکل گرفته بود، تکامل پیدا کرد. این بخش با توجه به بازنمود رخدادهای مربوط به هدف و همچنین استراتژی های آبستره و ذهنی،اهداف – اهداف یک عمل– را می سازد. بعدها در طول تکامل انسان، سیستم های ریخت شناسی و سیستم های هدف شروع به انجام کارکردهای کلی تر کردند. در نتیجه همسو با تعمیم ها، مفاهیم و گروه هایی که در حافظه معنایی وجود داشت، قابلیت هایی همچون استدلال پیچیده، ارتباطات سمبولیک و ریاضیات شکل گرفت.

۷. انسان های اولیه انواع جدیدی از بازنمودهای مربوط به خودشان و سایرین را توسعه دادند: سیستم Social–Subjective. وقتی این بازنمودهای جدید شروع به تعامل با بخش های قدیمی تر کردند، اجداد ما شروع به ایجاد حس مشارکت در رویدادها و شناخت واقعیت ها کردند، که علائم حافظه خودشناختی (اتوبیوگرافیک) و دانش فرهنگی است.

ما به عنوان انسان دودمانی داریم که قدمت آن به صدها میلیون سال پیش برمی گردد: خط مستقیمی از نسب و نژاد که در طول نسل های بی شمار از والدین به فرزندان رسیده است. شکل زیر برخی از نزدیک ترین خویشاوندان ما را نشان می دهد و بار دیگر این حقیقت را مورد تاکید قرار می دهد که ما در کنار هومو ساپینس بودن، بی شمار موجود دیگر هم هستیم. ما میمون های شبه انسان، نخستی، پستاندار و مهره دار و بسیاری چیز دیگر هستیم. با پذیرفتن همه اجدادمان می توانیم هویت خودمان را بسط دهیم و از این که تکامل چه طور حافظه، فرهنگ های پیچیده و داستان زندگی ما را شکل داده درک عمیق تری به دست آوریم.

hundreds of millions of years: a direct line of descent, parent to offspring, over countless generations. The figure below depicts some of our closest relatives, and it highlights the fact that we are many things besides *Homo sapiens*. We are also anthropoids, primates, mammals, and vertebrates, among other things. By embracing all of our ancestors we can both enlarge our identity and develop a deeper appreciation of how evolution produced our memories, our complex cultures, and the stories of our lives.



Adapted from Mary K. L. Baldwin, Dylan F. Cooke, and Leah Krubitzer. Intracortical microstimulation maps of motor, somatosensory, and posterior parietal cortex in tree shrews (Tupaia belangeri) reveal complex movement representations via Cerebral Cortex, 11 January 2016. Used with permission

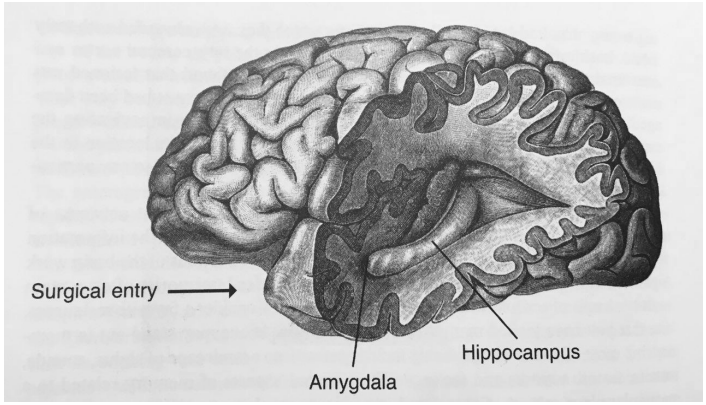
حافظه انسانی سازش پذیر است. ظرفیت ما برای به خاطر سپردن و از یاد بردن به ما کمک می کند مسائل را حل کنیم؛ مسائل مختلف از قبیل این که ماشین مان را کجا پارک کرده ایم تا شناسایی فردی که به ما بدهکار است. درک معماری حافظه انسان از جمله شناخت نحوه تکامل و ریشه های فرهنگی، با برنامه های آموزشی ارتباط آشکاری دارد. شناخت محدودیت های طبیعی که شیوه یادگیری و به خاطر سپردن افراد را شکل می دهند مطمئنا به ایجاد برنامه های آموزشی آگاهانه کمک می کند.

برای شناخت این محدودیت ها اولین گام این است که بدانیم حافظه بخشی از روند تکامل است و در طول فرایند انتخاب طبیعی شکل گرفته است. فشارهای انتخابی خاصی، به نفع موجوداتی عمل کرده که می توانسته اند از گذشته برای کمک به حال استفاده کنند. اصلی ترین ضابطه و معیار طبیعت، که از طریق فرایند انتخاب طبیعی اعمال می شود، افزایش شایستگی کلی است. حافظه به این دلیل در بزنگاه های خاصی از گذشته دودمانی ما تکامل پیدا کرد که به حل مسائلی مربوط به حیات و در نهایت تولید مثل اجداد ما کمک می کرد. موجود زنده ای که می تواند محل غذا یا گروه شکارچیان بالقوه را به خاطر بسپارد در مقایسه به موجودی که فاقد این توانایی است، با احتمال بیشتری زنده می ماند.

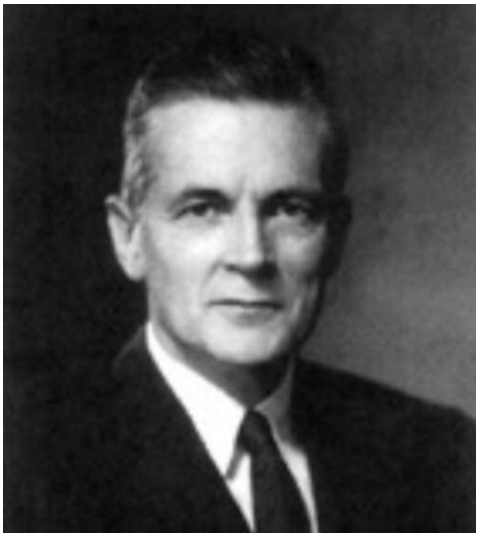
در بخش اعظم یک دهه گذشته، آزمایشگاه ما به بررسی این مسئله پرداخته که آیا حافظه انسان برای حل مسائل سازشی مرتبط با شایستگی همچون به یاد سپردن خطرات برای حفظ زندگی، منابع غذایی، منابع آلودگی، جفت های بالقوه، متقلبان و مفت خورها جهت دار یا برنامه ریزی شده عمل می کند یا نه. این ایده که حافظه مسئله گرا (Problemoriented) است و طوری تخصص یافته که انواع خاصی از اطلاعات را حفظ کند تا اندازه ای مورد بحث و جدل است و در زمینه حافظه یک ایده جدید به حساب می آید. بیشتر محققان در این زمینه بر این باورند که حافظه توسط چند فرایندهای کلی معدود کنترل می شود همچون « غنی بودن رمزگذاری ها» که می تواند برای هر محتوای داده ای اعمال شود. در عوض ما این فرض را مطرح می کنیم که حافظه برای حل مسائل سازشی خاصی تکامل یافته است همچون به خاطر سپردن موقعیت شکارچیان و حافظه کلی تا حد زیادی از این کارکردهای تخصصی مشتق شده است. در مرحله بعد فرد برای این که حفظ اطلاعات را به حداکثر برساند مجبور است استراتژی های یادگیری را توسعه دهد که

بر دوش این روندهای طبیعی استوار است.

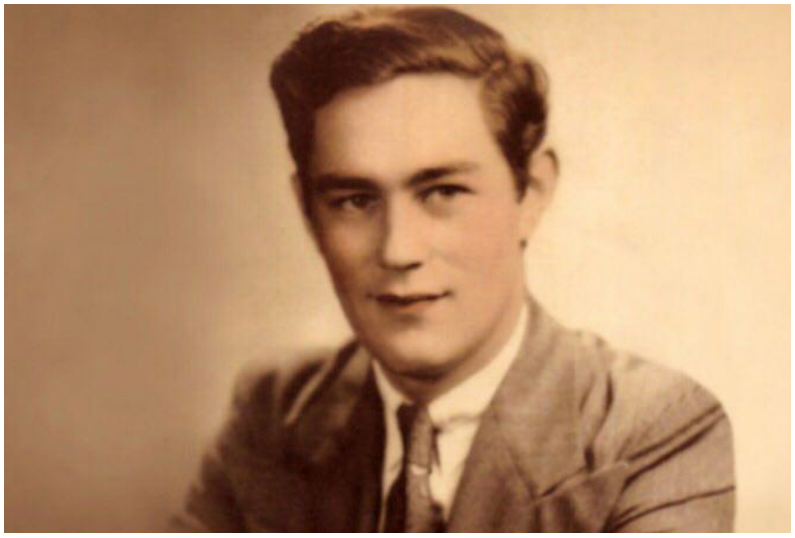
به عنوان مثال آزمایشگاه نشان داده است که وقتی اطلاعات با توجه به عواقبی که برای شایستگی دارند پردازش می شوند، حافظه به شدت خوب عمل می کند. ما از افراد خواستیم تصور کنند در سرزمینی ناآشنا در یک علفزار گیر افتاده اند و در آنجا مجبورند منبع پایداری برای تامین آب و غذا پیدا کنند و از صیادان و شکارچیان دوری کنند و سپس سرعت تبادل اطلاعات به این سناریوی خیالی را بررسی کردیم (مثلا این که واژه واگن تا چه اندازه به زنده ماندن در این شرایط ارتباط دارد؟) . تست های حافظه نشان داد واژه هایی که با توجه به ارتباط شان با این سناریوی حیاتی پردازش می شوند، به خوبی در حافظه افراد باقی می مانند و حتی از استراتژی های « بهتر از بهترین» همچون تشکیل یک تصویر ذهنی یا ارتباط دادن اطلاعات با خود فرد نیز بهتر عمل می کند. ما همچنین دریافتیم چیزهای زنده خیلی بهتر از چیزهای غیرزنده در حافظه افراد می مانند. حتی زمانی که زنده بودن را به یک کلمه فرضی نسبت می دهیم مثلا از افراد می خواهیم تصور کنند «Plave» یک موجود زنده است، حافظه در ارتباط با این آیتم بسیار بهتر عمل می کند. ما همچنین دریافتیم وقتی معنی واژه ها به زندگی و زنده بودن بر می گردد و با چیزهای غیرزنده مخالف است، یادگیری زبان خارجی ساده تر می شود.
شناخت این چیزهای ذاتی در ارتباط با حافظه ، همچون جهت گیری برای به خاطر سپردن اطلاعات وقتی با توجه به عواقب شایستگی شان در مغز پردازش می شوند، مرحله ای حیاتی در ایجاد استراتژی های یادگیری کارآمد است. با کمک این اصول میتوان یادگیری را تسهیل کرد و به حفظ طولانی مدت اطلاعات کمک نمود. کاربرد این استراتژی ها در بسترهای آموزش کاربردی یکی از موضوعات مورد توجه آزمایشگاه است.



در رابطه با حافظه باید بگویم بیشتر ازاینکه حافظه شما یک ویدئوی ضبط شده دقیق از یک لحظه زندگی تان باشد، آن یک وضعیت شکننده مغز از زمان گذشته است که باید زنده شود تا شما بیاد بیاورید. (اگر یک خاطره در هشت سالگیتان را بخواهید در سنین ۱۸ ، ۲۸ ، ٤٨ ، ۷۸ سالگی بنویسید خواهید دید که با آنکه در تعریف همه آنها شما نقش داشتید ولی تفاوتهای چشم گیری وجود دارد)



جراح *William Scoville*



بیمار تشنجی *Henry Molaison*

نوروسایکولوژیست پژوهشگر حافظه هنری Brenda Milner

شما در هیپوکامپ یک تعداد محدود نورون دارید(در مقایسه با سایر قسمتهای مغز) که همه آنها برای چند کار نیاز هستند. هر نورون در صور فلکی متفاوتی در زمانهای متفاوت شرکت میکند. نورونهایتان در ماتریس پویا از روابط متغییر عمل میکنند ،و برای قرار گرفتن آنها در مدارهای سیم کشی با یکدیگر تقاضای سنگینی روی آنها هست .

جای تعجب بسیار است که حافظه ای با این شکننده گی که روز به روز کمرنگ تر میشود و حافظه ای که نباشد مایی هم وجود ندارد چگونه این کمرنگ شدن ما را کمرنگ نمیکند و همیشه حس میکنیم تصویر کاملی در ذهن داریم

دشمن حافظه زمان نیست دیگر حافظه ها هستند

و اما اینکه آیا انسان میتواند هیپوکامپ مصنوعی بسازد یا نه؟ باید نقش هیپوکامپ را کاملاً بدانید همانطور که میدانید برای تثبیت یک خاطره در حافظه بلند مدت نیاز به فعال شدن ژن CREB برای اتصالات جدید دارید که مهار آن نیز مانع از تشکیل خاطرات جدید میشود و همانطور که میدانید در هیپوکامپ بخشی بنام Dentate Gyrus یا شکنج دندانه ای وجود دارد که روزانه در هر نیمکره ۷۰۰ سلول جدید تولید میکند بنابراین در کل ۱۴۰۰ نورون جدید برای رفع محدودیت هیپوکامپ ایجاد میشود که این نوروژنز را میتوانید با کارهای مثبت مثل ورزش و ... فعالتر کنید و با یادگیریهای مستمر در طول زندگی سبب تقویت هیپوکامپتان شوید.

برای ساخت تراشه ای که بتواند نقش هیپوکامپ را بازی کند باید به رفت و برگشتهای ارتباطی نورونها به سایر بخشهای مغزی فکر کنید آن چیزی که من میدانم در اینمورد اینست که این تراشه ها یا هیپوکامپهای مصنوعی فقط نقش واسطه برای دریافت اطلاعات و پردازشگرهای محاسباتی بر اساس الگوهای ریاضی هیپوکامپ موش و خروج اطلاعات نقش دارند یعنی نه نوروژنزی دارند نه با بخشهای متفاوت در ارتباطند بنابراین در حد انجام یک یا چند حافظه یادگیری بیشتر نقش ندارند یعنی فقط میتوانندنقش تکرار یک عملیات انجام شده را بازی کنند نه یادگیری جدید را بنابراین راه بسیار طولانی در پیش رو میباشد.

اما اساس ساخت هیپوکامپ مصنوعی

۱- بررسی نقشه مفصل عصبی هیپوکامپ(قراردادن الکترودهای مویی در بخشهای مختلف هیپوکامپ برای ثبت سیگنالهایی که مدام بین نواحی مختلف مبادله میشود)

۲- ثبت پالسهای الکتریکی مختص یک کارخاص و شکل گیری واژه نامه ای از حافظه

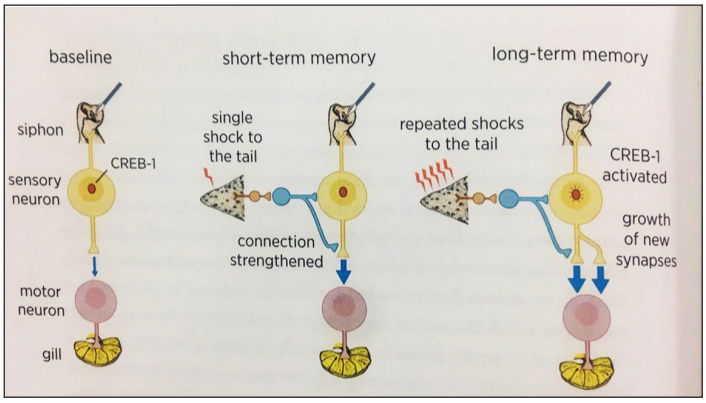
۳-ضبط این حافظه و وارد کردن سیگنال الکتریکی به هیپوکامپ دیگر

ساخت چنین دستگاهی که فعالیت میلیاردها نورون را برای انتقال میلیونها بیت اطلاعات در هرثانیه را انجام دهد توسط هیپوکامپ پیچیده قطعاً چالش عظیمی است که دانشمندان با آن روبرو هستند.

و اما در رابطه با کاشت این تراشه ها یا روشهای درمانی DBS در بیماران پارکینسونی با اینکه این عملیات کاشت منجر به آسیب رساندن به نورونهای دیگر در مسیر کار گذاری میشود ولی وقتی زندگی روزمره فرد بیمار چنان مختل میشود که حاضر به مرگ میباشد دیگر

آسیب رسیدن جزیی به بخشهای دیگر حائز اهمیت نمیباشد.

هیپوکامپ،درست از قسمت زیر به قشر انترینالEntorhinal متصل است از طریق قشر انترینال مجاور به شدت به نواحی دیگر در قشر مغز متصل است و این اتصال در هر دو جهت وجود دارد. این ارتباط عصبی پیچیده ظاهراً مرکز سازماندهی، ذخیره سازی و تحکیم حافظه است و هیپوکامپ به عنوان قطب فعالسازی پراکنده عمل میکند که به نحوی به تشکیل شبکه های اتصالات عصبی قشری کمک میکند که در نشان دادن خاطرات در مغز دخالت دارند. (علت اینکه لوب Medial Temporal که به جلوی هیپوکامپ چسبیده است مرتباً کانون حملات تشنج قرار میگیرد، نیز احتمالاً همین اتصال داخلی پیچیده است. در اینجا، فعالیت عصبی غیرعادی میتواند به طرز مؤثری به نواحی وسیع قشر مغز گسترش یابد).



مکانیسم ثبت حافظه کوتاه مدت و حافظه بلند مدت در حلزون

داستان هنری مولایسون معروف به HM و کشف تاثیر هیپوکامپ بر حافظه و تمام داستانهای فوق از همینجا شروع شد عمل جراحی برای بیماری تشنج وی و برداشتن اشتباهی هیپوکامپ بهمراه مرکز تشنج یعنی لوب Medial Temporal که به آن چسبیده بود توسط جراح اسکوویل و برطرف شدن مشکلات تشنجی هنری ولی پیامدهای حافظه ای و مطالعات روی آن توسط برندا میلنر.

صرفنظر از نامگذاریهای امروزی گوناگون برای حافظه سه نوع حافظه وجود دارد حافظه حسی ، حافظه کاری WM یا کوتاه مدت و حافظه بلند مدتLTM.

خاطرات از سه مرحلهَ مجزا تشکیل شده است: ثبت، ذخیره و بازیابی. برای اینکه بتوانید هر چیزی را به خاطر آورید لازم است که این سه ناحیه به صورت یک تیمِ یکپارچه با هم کار کنند.

ضربان قلب یک نوزاد تازه متولد شده به جای پرستار مستقیماً به ضربان قلب مادر پاسخ می‌دهد. توانایی حس لامسه و حافظه بخشی از حافظهَ خودکار شما است.
«حافظهَ حسی» مخزن اطلاعاتی است که تنها چند ثانیه طول می‌کشند ولی تأثیرات بلندمدت دیداری، بویایی، صوتی یا احساسی بر جای می‌گذارند.
بخش‌های فرعی ثبت شامل دقت و تمرکز است.

دقت شامل توانایی متمرکز شدن بر روی پیام‌هایی خاص است.
در حالی‌که تمرکز توانایی حفظ توجه به آن پیام است. این توانایی‌ها شما را قادر می‌سازند تا از میان حالات و احساسات بدنی و نیز اطلاعات محیطی آنچه را که می‌خواهید به آن پاسخ دهید انتخاب کنید و همچنین به شما اجازه می‌دهد از یک فعالیت یا تفکر به فعالیت یا تفکر دیگری تغییر مسیر دهید.

حافظه های کاری یا کوتاه مدت احتمالاً چند ثانیه تا چند دقیقه دوام دارند (همچنین، حافظه های کاری میتوانند مدت زمان نامعینی دوام داشته باشند به شرطی که فعالانه درباره آنها فکر کنید). ظرفیت محدودی دارد : در هر زمان فقط میتوانیم موارد مشخصی را در WM (حافظه کاری) نگه داریم- بیشتر افراد عموماً کمتر از ده مورد را میتوانند حفظ کنند. یکی از روشهای اندازه گیری ظرفیت WM

این است که از فرد بخواهیم تا فهرستی از اعداد یا کلمات را بلافاصله پس از شنیدن آنها تکرار کند.
خاطراتی که مدت زمان بیشتری حفظ شده اند، در حافظه بلند مدت (LTM) ذخیره میشوند. راههای ورود اطلاعات به LTM متعدّد هستند. یکی از این راهها تکرار موارد (آیتمها) در WM است.

برخی انواع اطلاعات به شکل آسانتری در LTM ذخیره میشوند، برای نمونه، چیزهایی که معانی برجسته یا برجستگی عاطفی دارند. و ایجاد ارتباط با اطلاعات دیگری که از قبل معلوم بوده اند نیز به استحکام ذخیره سازی LTM کمک زیادی میکند. ماهیت «درک» این است : آگاهی از دانش جدید در رابطه با مطالبی که از قبل معلوم بودند.
حافظه بلند مدت شامل ذخیره و بازیابی اطلاعات میشود. اعتقاد بر این است که ذخیره سازی شامل نوعی تغییر ساختاری در دستگاه عصبی میشود. خاطراتی که به تازگی در LTM ذخیره شده اند، در ابتدا سست هستند و ممکن است که به آسانی مختل شوند. اغلب، به خاطر آوردن اتفاقاتی که سالها پیش رخ داده اند از یادآوری اسامی افرادی که به تازگی آنها را در یک مهمانی دیده اید، آسانتر است. خاطرات جدید با گذشت زمان پایدارتر و مستحکم تر میشوند- این فرآیند را «مستحکم سازی » نامیده اند .
بازیابی شامل سازوکار دسترسی به مخزن حافظه (خاطرات ذخیره شده) میشود. فراموشی میتواند در اثر ناتوانی در ذخیره سازی یا بازیابی پیش آید.

مغز قادر به تشکیل دو نوع عمده از حافظه بلند مدت است:
حافظه صریح (خبری یا بیانی) برای حقایق و وقایع، افراد، مکانها و اشیاء؛ و
حافظه ضمنی (غیر خبری یا غیر بیانی)، برای مهارت های ادراکی و حرکتی.
حافظه بیانی و حافظه غیربیانی.
میتوان خاطرات بیانی را با کلمات یا تصاویر قابل توصیف به یاد آورد. این امر شامل حقایق و دیگر انواع دانش اطلاعاتی (حافظه معنایی) و همچنین رویدادهای مربوط به زمان و مکان خاص در تجارب فرد (حافظه اپیزودی) میشود

حافظه غیربیانی شامل حافظه روندی، شرطی سازی سنتی و تأمین پیشاپیش اطلاعات میشود. حافظه روندی شامل انجام متوالی کارها، از قبیل دنبال کردن خطوط در شکل پر پیچ و خم یا تایپ کردن، شنا کردن، دوچرخه سواری و نواختن آهنگ با ابزار موسیقی میشود. ما نمیتوانیم نحوه دوچرخه سواری را به خوبی توصیف کنیم و حتی اگر میتوانستیم، این امر واقعاً کمک زیادی به نحوه یادگیری دوچرخه سواری نمیکرد. «دوچرخه سواری» کاری است که «فقط باید انجامش داد»، با آگاهی از اینکه فقط میتوان این کار را به صورت عملی انجام داد.
شرطی سازی سنتی یادگیری مربوط به ارتباط دادن محرکها و پاسخهای خاص به همدیگر است.
با این حال نوع دیگری از حافظه غیر بیانی نیز از تأمین پیشاپیش اطلاعات حاصل میشود- وقتی که فرد در معرض محرکی قرار میگیرد که بر پاسخش به قرار گرفتن در معرض این محرک در آینده تأثیر میگذارد. تأمین پیشاپیش اطلاعات در تأثیرگذاری تبلیغات بسیار مهم است. دیدن یا شنیدن مکرّر ارجاع به نامهای تجاری معین یا نامزدهای سیاسی ما را برای انتخاب آن علامت تجاری یا آن نامزد در انتخابهای آینده مستعدّ میسازد. هدف تبلیغات آن است که یاد بگیریم و به یاد بیاوریم، بدون اینکه آگاهی داشته باشیم که در حال یادگیری و یادآوری هستیم.

حافظه صریح یا بیانی به طور کلی مستلزم آگاهی هشیارانه و متکی بر هیپوکامپ است، در حالی که حافظه ضمنی یا غیر بیانی به آگاهی هشیارانه نیاز ندارد و بیشتر بر روی سایر سیستم های مغز متکی است: مخچه، جسم مخطط، آمیگدال، و در حیوانات بی مهره، خود مسیر های رفلکس ساده.

حافظه های صریح در سراسر قشر ذخیره می شوند، در حالی که حافظه های ضمنی در مناطق مختلف مغز ذخیره می شوند.
بنابراین هنگام یادآوری بهترین خاطراتمان یا در واکنش به هنر از هیپوکامپ خود بهره می بریم، اما نه زمانی که دوچرخه سواری می کنیم، چون دوچرخه سواری مستلزم یادآوری آگاهانه نیست.

فصل چهاردهم

فرگشت زیبایی

داروین استدلال میکرد که انتخاب جفت با انتخاب طبیعی فرق دارد زیرا که ماده ها اکثراً بر اساس ظاهر خوب–یعنی بر اساس برداشت خودشان از زیبایی– در این زمینه تصمیم گیری میکنند و نه بر اساس توانایی زنده ماندن یا یک کیفیت عینی مانند سرعت یا قدرت. دانشمندانِ آن دوره در برابر او واکنش منفی نشان دادند که بخشی از آن واکنشها بخاطر تأکیدِ او بر ماده ها بود. سَنت جورج جکسون میوارت زیست شناس انگلیسی که در ابتدا از نظریه انتخاب طبیعی به شدت حمایت میکرد و بعدها به منتقد آن تبدیل شد میگوید «بی ثباتیِ هوسِ خباثت آمیزِ زنانه اینچنین است که هیچ ثباتِ رنگینی نمیتواند به واسطه عملکردِ انتخابیِ آن شکل بگیرد».

آلفرد راسل والاس که همزمان با داروین نظریه تکامل را مطرح کرد این ایده را قبول داشت که رنگها و الگوها معنی خاصی دارند؛ خواه نشانه نرهای یک گونه باشند و خواه نشان دهنده سلامتی. شاید فقط یک پرنده نرِ قوی و سالم میتوانسته با یک دُم زیبا و بزرگ کنار بیاید. در اوایل زمانی که تئوری تکامل مطرح شده بود دانشمندان درباره این مسئله بحث میکردند که انتخاب جنسی چگونه عمل میکند. و آنها تا اکتشافِ ژنها و بسیاری از پیشرفتهای دیگر به این کار ادامه دادند.

برویم به دهه ۱۹۸۰ و زمانی که دکتر پرام در مقطع تحصیلات تکمیلی در دانشگاه میشیگان بود و با جافری هیل که اکنون استاد دانشگاه آبران است دفتر کار مشترکی داشت.

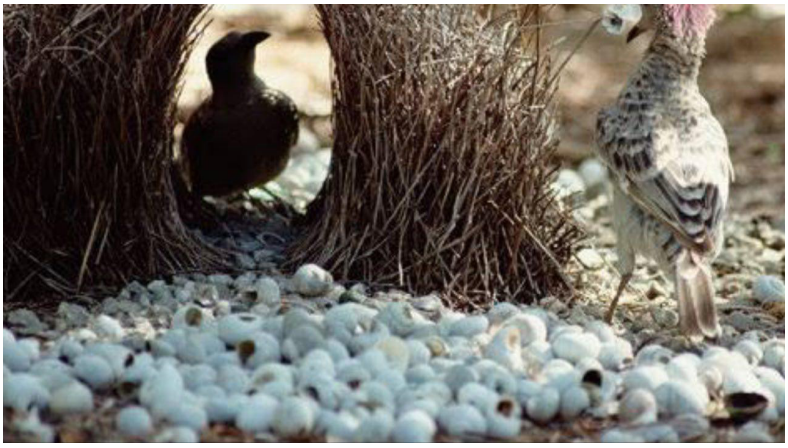
در آن زمان چرخش بزرگی در تفکر غالب درباره تکامل ایجاد شد و این ایده مطرح شد که زینتها و پرهای پرنقش و نگار نشاندهنده سلامتی هستند. دکتر هیل میگوید «حیواناتی که بهترین زینتها را داشته باشند بهترین نرها هستند». این مسئله «نشانه صادقانه» سلامت ژنتیکی نامیده شده است.

او میگوید که این ایده «تقریباً به طور کامل تفکر قدیمی درباره زیبایی را توضیح میدهد».

دکتر هیل به طور کامل قانع شده بود: «من کاملاً مطمئن بودم که میتوانم توضیح دهم تمام زینتهای تمام حیوانات، نشانه های صادقانه هستند». اما او گفت مدتی است که تجدید نظر کرده است. زینتهای بسیاری وجود دارد که به نظر او نشانه چیزی نیستند بلکه نتیجه

فرآیندی هستند که دکتر پرام به آن علاقه دارد.
دکتر هیل گفت: ***«شما نمیتوانید بگویید دُم طاووس نشانه صادقانه است».***
اما او اظهار کرد که فکر میکند دکتر پرام ایده مهمی دارد و «مدتیست که مجذوبِ آن شده است». اما او گفت که به نظرش آن ایده «از لحاظ علمی ناامیدکننده» است.
به گفته دکتر هیل «خودِ داروین کاملاً از کارش بر روی انتخاب جنسی ناراضی بوده است». و جریان اصلیِ زیست شناسیِ تکاملی مخالفتی با نقشِ جزئیِ انتخابِ دلبخواهیِ جنس مؤنث ندارد. دکتر هیل اخیراً پیرامونِ ترکیب چندین فرآیندِ مختلف برای تفسیر انتخاب جنسی بحث هایی کرده است.
دکتر پرام به شورمندی و بحث و جدلِ فکری گرایش دارد. او قبلاً در سمتِ بَرنده ایده هایی بوده که در ابتدا محبوب نبوده اند.
او به عنوان یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی از پژوهشگرانی حمایت کرد که قصد داشتند شیوه دسته بندیِ حیوانات را تغییر دهند تا بر نسَب تکاملی آنها تأکید کنند. این ایده جدید Cladistics (روش رده بندیِ جانداران بر حسب شاخه و دودمان) نامیده شد و اکنون به ایده استواری تبدیل شده است. او پژوهش پیشگامانهای را بر روی ساختار فیزیکی و تکامل پَرها انجام داده و از اولین حمایتگرانِ این عقیده بوده است که نسَب پرندگان به دایناسورها برمیگردد که این ایده جدید اکنون به دیدگاه غالب تبدیل شده است.
او در هیچ موردی یک صدای منزوی نبوده است. بلکه اعتماد به نفس بسیار بالایی دارد و این ویژگیِ او تنها به علمش محدود نیست.
سؤال پیتزا را برایتان بگویم.
پیتزا در نیوهیون مانند یک مذهب است که فرقه های مختلفی دارد. وقتی که از دکتر پرام پرسیدم که چه کسی در این شهر بهترین پیتزا را میپزد و فکر میکردم که یکی از پیتزافروشیهای مطرح را معرفی میکند، درنگ نکرد.
او گفت «من میپزم». او از یک گریل در هوای آزاد و یک وسیله خاص دیگر استفاده میکند و با جزئیات درباره اینکه در پیِ یک پیتزای بدون نقص است توضیحاتی داد. وقتی که من یک ابرویم را بالا بردم به یک دوستِ نویسنده اشاره کرد که قبلاً از پایهای پرام خورده بود.او همچنین اذعان کرد که با پشتکار و شورمندی به بسیاری از مسائل میپردازد.

او میگوید «من وسواس فکری دارم». تماشای پرندگان اولین و بادوامترین فعالیتِ طولانی مدت من بوده است. زیستشناسی تکاملی شاید عمیقترین فعالیتم باشد. آشپزی، اُپرا، باغبانی و سیاست (چپگرا) بقیه آنها هستند.
او در زمانی که دانشجوی تحصیلات تکمیلی بود با دیدگاه غالب درباره انتخاب جنسی مخالف بود و امیدوار است که کتاب جدیدش مانند نوعی بیانیه به دست دانشمندان برسد. این کتاب بخشهای بسیار زیادی دارد که باید خلاصه شوند. برای مثال او در یک بخش به بررسی این مسئله میپردازد که گرایش به افراد همجنس در اجداد ما از طریق انتخاب هایی که زنان به منظور تضعیف سلطه مردان انجام میدادند فرگشت پیدا کرده است. برای شرح کامل باید به کتاب مراجعه کنید.



این ایده که فرض میشود تقریباً تمام تغییرات تکاملیِ دخیل در سلامتی به صورت انطباقی هستند او را اذیت میکند. به عبارت دیگر اگر یک ماهی آبی باشد، حتماً باید بنا به دلیلی آبی باشد.

این رنگ ممکن است برای آن ماهی در فرار از شکارچیان یا استتار در شکار یا به طریقی دیگر مفید باشد. بنابراین زیبایی نیز باید انطباقی باشد یا نشانه ای از ویژگیهایی باشد که انطباقی هستند. هر رفتار یا زینت یا ویژگیِ فیزیکی فایده ای دارد مگر اینکه خلافش ثابت شود.

دکتر پرام میگوید که اصل ماجرا برعکس این حالت است. مثلاً زیبایی را در نظر بگیرید. از آنجا که پرندگان دارای تمایلاتِ زیبایی شناسانه هستند و انتخاب میکنند، زیبایی به شکل اجتنابناپذیری به وجود میآید. به گفته او «زیبایی حادث میشود» و باید آن را غیرانطباقی در نظر گرفت مگر اینکه خلافش ثابت شود.

او در ارائه این «فرضیه صفر» از کارِ مارک ای. کرکپتریک در دانشگاه آوستین تگزاس نیز بهره برده است. دکتر کرکپتریک بر روی ژنتیک جمعیت، ژنومیکس و نظریه تکامل کار میکند و بخشهایی از «تکامل زیبایی» را خوانده است.

دکتر کرکپتریک میگوید «من بسیار خوشحالم که ریک به این پیکار پیوسته است». او به این مسئله اعتقادی ندارد که تمام جنبه های انتخاب جنسی بر اساس انتخاب دلبخواهیِ زیباییهای مختلف هستند و میگوید اگر دکتر پرام بتواند برخی دیگر از دانشمندان را متقاعد کند تا فرضیاتشان را به چالش بکشند «خدمت بزرگی انجام داده است».

حداقل برای دکتر پرام پاسخی به سؤالِ مطرح شده توسط دکتر پارکاش وجود دارد. چرا پرندگان زیبا هستند؟

«پرندگان زیبا هستند زیرا که از دید خودشان هم زیبا هستند».

داروین استدلال میکرد که انتخاب جفت با انتخاب طبیعی فرق دارد زیرا که ماده ها اکثراً بر اساس ظاهر خوب یعنی بر اساس برداشت خودشان از زیبایی- در این زمینه تصمیم گیری میکنند و نه بر اساس توانایِی زنده ماندن یا یک کیفیت عینی مانند سرعت یا قدرت.

دانشمندانِ آن دوره در برابر او واکنش منفی نشان دادند که بخشی از آن واکنشها بخاطر تأکیدِ او بر ماده ها بود. سَنت جورج جکسون میوارت زیست شناس انگلیسی که در ابتدا از نظریه انتخاب طبیعی به شدت حمایت میکرد و بعدها به منتقد آن تبدیل شد میگوید «بی ثباتیِ هوسِ خباثت آمیزِ زنانه اینچنین است که هیچ ثباتِ رنگینی نمیتواند به واسطه عملکردِ انتخابیِ آن شکل بگیرد».

آلفرد راسل والاس که همزمان با داروین نظریه تکامل را مطرح کرد این ایده را قبول داشت که رنگها و الگوها معنی خاصی دارند؛ خواه نشانه نرهای یک گونه باشند و خواه نشان دهنده سلامتی. شاید فقط یک پرنده نرِ قوی و سالم میتوانسته با یک دُم زیبا و بزرگ کنار بیاید.

در اوایل زمانی که تئوری تکامل مطرح شده بود دانشمندان درباره این مسئله بحث میکردند که انتخاب جنسی چگونه عمل میکند. و آنها تا اکتشافِ ژنها و بسیاری از پیشرفتهای دیگر به این کار ادامه دادند.بازگردیم به دهه ۱۹۸۰ و زمانی که دکتر پرام در مقطع تحصیلات تکمیلی در دانشگاه میشیگان بود و با جافری هیل که اکنون استاد دانشگاه آبران است دفتر کار مشترکی داشت.

در آن زمان چرخش بزرگی در تفکر غالب درباره تکامل ایجاد شد و این ایده مطرح شد که زینتها و پرهای پرنقش و نگار نشاندهنده سلامتی هستند. دکتر هیل میگوید «حیواناتی که بهترین زینتها را داشته باشند بهترین نرها هستند». این مسئله «نشانه صادقانه» سلامت ژنتیکی نامیده شده است.

او میگوید که این ایده «تقریباً به طور کامل تفکر قدیمی درباره زیبایی را توضیح میدهد».

دکتر هیل به طور کامل قانع شده بود: «من کاملاً مطمئن بودم که میتوانم توضیح دهم تمام زینتهای تمام حیوانات، نشانه های صادقانه هستند». اما او گفت مدتی است که تجدید نظر کرده است. زینتهای بسیاری وجود دارد که به نظر او نشانه چیزی نیستند بلکه نتیجه فرآیندی هستند که دکتر پرام به آن علاقه دارد.

دکتر هیل گفت «شما نمیتوانید بگویید دُم طاووس نشانه صادقانه است».

اما او اظهار کرد که فکر میکند دکتر پرام ایده مهمی دارد و «مدتیست که مجذوبِ آن شده است». اما او گفت که به نظرش آن ایده «از لحاظ علمی ناامیدکننده» است.

به گفته دکتر هیل «خودِ داروین کاملاً از کارش بر روی انتخاب جنسی ناراضی بوده است». و جریان اصلیِ زیست شناسیِ تکاملی مخالفتی با نقشِ جزئیِ انتخابِ دلبخواهیِ جنس مؤنث ندارد. دکتر هیل اخیراً پیرامونِ ترکیب چندین فرآیندِ مختلف برای تفسیر انتخاب جنسی بحث هایی کرده است.

دکتر پرام به شورمندی و بحث و جدلِ فکری گرایش دارد. او قبلاً در سمتِ بَرنده ایده هایی بوده که در ابتدا محبوب نبوده اند.

او به عنوان یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی از پژوهشگرانی حمایت کرد که قصد داشتند شیوه دسته بندیِ حیوانات را تغییر دهند تا بر نسَب تکاملی آنها تأکید کنند. این ایده جدید Cladistics (روش رده بندیِ جانداران بر حسب شاخه و دودمان) نامیده شد و اکنون به ایده استواری تبدیل شده است. او پژوهش پیشگامانهای را بر روی ساختار فیزیکی و تکامل پَرها انجام داده و از اولین حمایتگرانِ این عقیده بوده است که نسَب پرندگان به دایناسورها برمیگردد که این ایده جدید اکنون به دیدگاه غالب تبدیل شده است.

او در هیچ موردی یک صدای منزوی نبوده است. بلکه اعتماد به نفس بسیار بالایی دارد و این ویژگیِ او تنها به علمش محدود نیست. سؤال پیتزا را برایتان بگویم.

پیتزا در نیوهیون مانند یک مذهب است که فرقه های مختلفی دارد. وقتی که از دکتر پرام پرسیدم که چه کسی در این شهر بهترین پیتزا را میپزد و فکر میکردم که یکی از پیتزافروشیهای مطرح را معرفی میکند، درنگ نکرد.

او گفت «من میپزم». او از یک گریل در هوای آزاد و یک وسیله خاص دیگر استفاده میکند و با جزئیات درباره اینکه در پیِ یک پیتزای بدون نقص است توضیحاتی داد. وقتی که من یک ابرویم را بالا بردم به یک دوستِ نویسنده اشاره کرد که قبلاً از پایهای پرام خورده بود.

او همچنین اذعان کرد که با پشتکار و شورمندی به بسیاری از مسائل میپردازد.

او میگوید «من وسواس فکری دارم». تماشای پرندگان اولین و بادوامترین فعالیتِ طولانی مدت من بوده است. زیستشناسی تکاملی شاید عمیقترین فعالیتم باشد. آشپزی، اُپرا، باغبانی و سیاست (چپگرا) بقیه آنها هستند.

او در زمانی که دانشجوی تحصیلات تکمیلی بود با دیدگاه غالب درباره انتخاب جنسی مخالف بود و امیدوار است که کتاب جدیدش مانند نوعی بیانیه به دست دانشمندان برسد. این کتاب بخشهای بسیار زیادی دارد که باید خلاصه شوند. برای مثال او در یک بخش به بررسی این مسئله میپردازد که گرایش به افراد همجنس در اجداد ما از طریق انتخاب هایی که زنان به منظور تضعیف سلطه مردان انجام میدادند فرگشت پیدا کرده است. برای شرح کامل باید به کتاب مراجعه کنید.

این ایده که فرض میشود تقریباً تمام تغییرات تکاملیِ دخیل در سلامتی به صورت انطباقی هستند او را اذیت میکند. به عبارت دیگر اگر یک ماهی آبی باشد، حتماً باید بنا به دلیلی آبی باشد. این رنگ ممکن است برای آن ماهی در فرار از شکارچیان یا استتار در شکار یا به طریقی دیگر مفید باشد. بنابراین زیبایی نیز باید انطباقی باشد یا نشانه ای از ویژگیهایی باشد که انطباقی هستند. هر رفتار یا زینت یا ویژگیِ فیزیکی فایده ای دارد مگر اینکه خلافش ثابت شود.

دکتر پرام میگوید که اصل ماجرا برعکس این حالت است. مثلاً زیبایی را در نظر بگیرید. از آنجا که پرندگان دارای تمایلاتِ زیبایی

شناسانه هستند و انتخاب میکنند، زیبایی به شکل اجتنابناپذیری به وجود میآید. به گفته او «زیبایی حادث میشود» و باید آن را غیرانطباقی در نظر گرفت مگر اینکه خلافش ثابت شود.

او در ارائه این «فرضیه صفر» از کارِ مارک ای. کرکپتریک در دانشگاه آوستین تگزاس نیز بهره برده است. دکتر کرکپتریک بر روی ژنتیک جمعیت، ژنومیکس و نظریه تکاملِ کار میکند و بخشهایی از «تکامل زیبایی» را خوانده است.

دکتر کرکپتریک میگوید «من بسیار خوشحالم که ریک به این پیکار پیوسته است». او به این مسئله اعتقادی ندارد که تمام جنبه های انتخاب جنسی بر اساس انتخاب دلبخواهیِ زیباییهای مختلف هستند و میگوید اگر دکتر پرام بتواند برخی دیگر از دانشمندان را متقاعد کند تا فرضیاتشان را به چالش بکشند «خدمت بزرگی انجام داده است».

حداقل برای دکتر پرام پاسخی به سؤالِ مطرح شده توسط دکتر پارکاش وجود دارد. چرا پرندگان زیبا هستند؟

«پرندگان زیبا هستند زیرا که از دید خودشان هم زیبا هستند».

فصل پانزدهم

انعطاف پذیری مغز

نوروپلاستیسیتی مغز بی پایان نیست هنگام تولد، مغز لوح سفیدی نیست که هرآنچه بخواهید روی آن حک کنید
مغز همانند یک ظرف مخلوط ماکارونی نیست که با هر بار تکان دادنِ ظرف توسط آشپز، رشته‌های آن به‌صورت تصادفی به این‌طرف و آن‌طرف بروند و پخش شوند. مغز یک دستگاهِ زیستیِ بسیار ساختارمند است که فعالیت پیچیده‌ای انجام می‌دهد. موجودات زنده، از طریق DNA خود، هم ساختار و هم کارکردِ موفقیت‌های تکاملی تمامی اعضای بدن، از ناخن پا تا کبد را «به یاد می‌آورند». مغز هم از این قاعده مستثنا نیست. مغز هم یکی از ساختارهای بدن است که موفقیت‌های تکاملی آن در DNA ذخیره‌شده‌اند. چه کسی دوست دارد یادگیری همه چیز را صفر شروع کند؟ یادگیری از صفر راهبرد خوبی برای بقا نیست. انتقال برخی اطلاعاتِ ضروری و اساسی (از طریق DNA) به‌منظور راه افتادنِ سریعِ نسل بعد گزینه‌ی بهتری به نظر می‌رسد. مغز دارای برنامه‌های متعددی جهت آماده کردن ما برای چالش‌های زندگی است.
در حالیکه نوروژنز و گلیوژنز و طرحهای کلی مغز در رحم و طی نه ماه بارداری صورت میگیرد بخش اعظم اتصالات سیناپسی در قسمتهای وسیعی از قشر مغز بعد از تولد صورت میگیرد
یک نوزاد ، هنگام خروج از بدن مادر، همراه با برخی ظرفیت‌ها متولد می‌شود. هر سال که می‌گذرد، بیش‌ازپیش می‌فهمیم که نه‌تنها نوزادان یک‌ساله، بلکه نوزادان یک‌ماهه نیز چیزهای زیادی می‌دانند. حیطه روانشناسی رشد همواره در حال کاهش سنی است که طی آن کودکان از خود درک و فهم نشان می‌دهند. یک گروه از روانشناسان زیرک مجارستانی حرکات چشم نوزادان را در لحظات روانیِ ساختاریافته مطالعه کردند. نتیجه‌ی این مطالعه این بود که کودکان شش‌هفته‌ای (از نظر سنی) دارای نظریه‌ی ذهن در مورد دیگران هستند و معنای اجتماعی اشارات و ژست‌های دیگران را می‌فهمند. همچنین، به نظر می‌رسد کودکان با یک علاقه جهتِ آموختن اطلاعات جدید به دیگران متولد می‌شوند.
بسیارند بیماری‌های عصب‌شناختی که دارای سرانجام مرگباری هستند. نقص ایجادشده در اثر چنین بیماری‌هایی، به‌صورت خودکار توسط سایر بخش‌های مغز جبران نمی‌شود.
اما انعطاف پذیری مغز از چه قرار است
سه راهکار بزرگ برای نوروپلاستیسیتی یا انعطاف پذیری مغز لازم است محرکی حسی برای تغییر میزان نوروترانسمیترهاو سیگنالهای شیمیایی ، بدنبال آن تغییر ساختار شبکه ها بدلیل اتصالات متمایز سیناپسی و نورونها و در پایان تغییرعملکرد شبکه عصبی جدید.

انگیزه به یک دلیل ساده باعث ایجاد تغییر در مغز می شود: فرد با انگیزه سخت کوش تر است. سنگ مرمر دقیقاً پلاستیک نیست، ولی اگر ساعت ها با چکش و ابزار روی آن کار کنیم، واقعاً تغییر شکل می دهد. ایده انعطاف پذیری با تلاشی که ما حاضریم برای تغییر کردن کنیم مرتبط است.
وقتی از نظر احساساتی تحریک شده ایم یا وقتی جایزه ای دریافت می کنیم (پولی، جنسی، احساسی، شکلات)، مغز بیشتر مستعد تغییر می شود.
برای اینکه چیزی یاد بگیریم، نیاز به انگیزه و تلاش داریم. جادو یا تعصب وجود ندارد می دانیم که این فرآیند باعث تولید دوپامین می شود، که در نتیجه مقاومت مغز در برابر تغییر را کاهش می دهد.
ما می توانیم دوپامین را آبی بدانیم که صخره را انعطاف پذیر می کند و در ضمن می توانیم محرک حسی را ابزاری بدانیم که در آن صخره مرطوب کانالی ایجاد می کند. هیچ کدام از آنها نمی توانند ماده را به تنهایی تغییر دهند. کار کردن روی صخره خشک اتلاف وقت است. مرطوب کردن صخره نیز اگر نمی خواهید آن را تغییر دهید بیهوده است. آنچه مطرح شد مبنای برنامه یادگیری است ،مغز زمانی یاد می گیرد که در معرض محرک تغییر دهنده قرار بگیرد. فرآیند ایجاد کانالی از مدارهای جدید که باعث خودکار شدن فرآیند می شود، کند و تکراری است. تغییرات ذهنی برای محقق شدن، علاوه بر تلاش و آموزش به کورتکس مغزی نیاز دارند که مستعد تغییر است.

غریزه‌ها و رفتارهای خاص بسیاری از حیوانات ژنتیکی و سیم‌کشی شده است. ژن‌ها ساختار بدن و مغز این حیوانات را تعیین می‌کنند که این ساختارها مشخص می‌کنند این حیوانات چگونه باشند و چگونه رفتار کنند. واکنش یک مگس در فرار بعد از

گذشتن یک سایه از کنارش؛ تمایل یک خرس به خواب؛ انگیزه یک سگ برای محافظت از صاحب خود:همه این‌ها مثال‌هایی از رفتارها و غریزه‌های ژنتیک و سیم کشی شده هستند. این سیم کشی‌ها موجب می‌شوند این موجودات از زمان تولد همانند والدین خود حرکت کنند و در بعضی مواقع خودشان غذا بدست آورده و به صورت مستقل زنده بمانند.
در انسان شرایط کمی فرق دارد. مغز انسان با مقداری سیم کشی ژنتیک به این دنیا می‌آید(مانند سیم کشی‌های تنفس، گریه، شیر خوردن از پستان، توجه به چهره‌ها و توانایی یادگیری جزئیات زبان مادری). اما مغز انسان در مقایسه با حیوانات در زمان تولد به شکل غیرمعمولی ناکامل است. (چرا؟خودتان جستجو کنید)نمودار سیم کشی مغز انسان از قبل برنامه‌ریزی نشده است؛ بلکه ژن‌ها جهت‌گیری‌های خیلی کلی برای طرح‌های کلی شبکه‌های عصبی ارائه می‌دهند و تجربه‌های دنیا باقیمانده سیم کشی را تنظیم می‌کنند که امکان سازگاری با جزئیات محلی را برای مغز فراهم می‌کند.
توانایی مغز انسان در شکل‌دهی خود بر اساس دنیایی که در آن به دنیا آمده است، گونه انسان را قادر کرده بر همه اکوسیستم‌های این سیاره غلبه کند.
این دوگانگی بین طرفداران انعطاف پذیری بی حد و حصر مغز و مخالفان آن ایده ای را خلق کرده به نام پیمانه ای بودن مغز یا ماژولها.

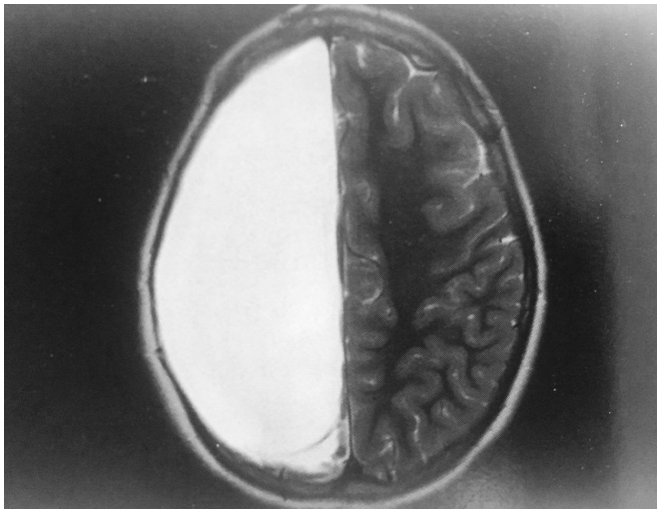
آن روی سکه

از طرفی انعطاف‌پذیری مغز راهی به سوی آیندهَ ماست زیرا این ویژگی راهی به سوی تعدیل سازی کالبد انسان می‌گشاید. اجازه دهید با درک چگونگی انعطاف‌پذیری یک ابزار محاسباتی به نام مغز شروع کنیم. مغز دختر جوانی به نام کامرون موت را در نظر می‌گیریم.
این دختر در سن ٤ سالگی مورد حملات شدید صرع قرار می‌گرفت. حملات تهاجمی بودند. کامرون ناگهان نقش زمین می‌شد و لازم بود همیشه کلاه ایمنی بر سر داشته باشد.

پزشکان به سرعت تشخیص دادند او مبتلا به بیماری نادر و جانکاه آنسفالیت راسموسن بود. پزشکان عصب شناسِ او می‌دانستند که این شکل از صرع منجر به سکتهَ ناقص (فلج) و در نهایت مرگ خواهد شد. به همین دلیل پیشنهاد کردند کامرون تحت عمل جراحی قرار بگیرد.
در سال ۲۰۰۷ در یک عمل جراحی که حدود ۱۲ ساعت طول کشید یک تیم جراحی متشکل از جراحان مغز و اعصاب نیمی از مغز او را از جمجمه خارج کردند. در تصویربرداری اسکن مغز کامرون فضای

خالی نشان‌دهندهَ فضایی است که نیمی از مغز او از جمجمه خارج شده است.

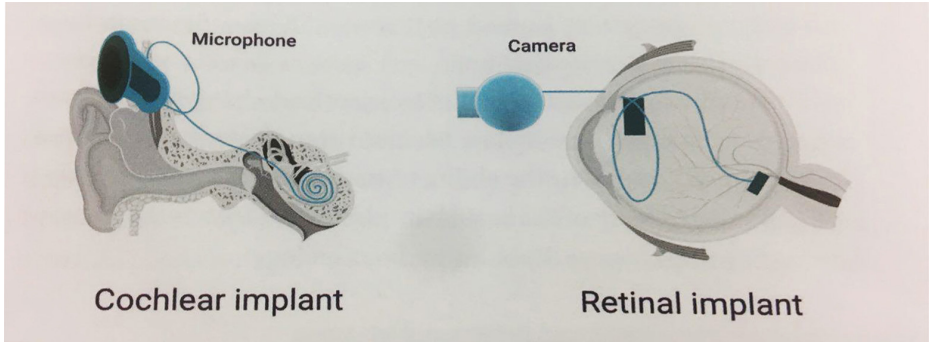
برداشتن نیمی از مغز چه تأثیرات بلند مدتی خواهد داشت؟ هنگامی‌که نیمی از مغز برداشته شد نتایج منفی حاصل از آن به طور شگفت انگیزی ناچیز بود بطوری‌که با وجودی‌که نیمی از بدن کامرون سست و ضعیف بود و همین ویژگی بود که او را از دیگر دانش‌آموزان متمایز می‌کرد ولی او در درک زبان، موسیقی، ریاضی و درک داستان‌ها هیچ مشکلی نداشت. کامرون در مدرسه دانش‌آموز خوبی بود و در ورزش‌ها نیز شرکت می‌کرد. چگونه چنین چیزی امکان داشت؟ موضوع این نبود که کامرون به نیمی از مغز خود نیازی نداشت ولی در عوض نیمهَ باقی‌ماندهَ مغز او برای عهده‌دار شدن عملکردهای مفقود شده فعالانه خود را سیم‌کشی مجدد کرد و تمام عملیات را در نیمهَ دیگر مغز انباشته کرد.



بهبود کامرون تأکیدی بر توانایی قابل توجه مغز بود: مغز برای سازگار شدن با ورودی‌ها، خروجی‌ها و وظایف دیگر مجدداً خود را سیم‌کشی می‌کند. این روش حیاتی اساساً برخلاف سخت افزارهای موجود در کامپیوترهای دیجیتال است. در عوض « زیست افزار» مغز مدار حرکت و محیط پیرامون خود را شکل می‌دهد. گرچه انعطاف‌پذیریِ مغز یک فرد بزرگسال به اندازهَ انعطاف‌پذیری یک کودک نیست ولی هنوز دارای توانایی حیرت‌انگیزی برای سازگاری و تغییر است.

هر زمان که چیز جدیدی یاد می‌گیریم مغز بر اساس آن خود را تغییر می‌دهد (خواه نقشهَ لندن باشد یا یادگیری یک بازی کامپیوتری). این ویژگی مغز یعنی انعطاف‌پذیری مغز است که پیوند جدید بین تکنولوژی و بیولوژی را امکان‌پذیر می‌سازد. ممکن است این را باور نکنید ولی در حال حاضر

صدها و صدها نفر از هزاران مردمی که در اطراف ما هستند از طریق دستگاه‌های ساخت دست بشر می‌بینند و می‌شنوند.



با ابزاری به نام کاشت حلزونی یک میکروفون خارجی یک سیگنال صوتی را به صورت دیجیتالی در می‌آورد و آنرا به عصب شنوایی وارد می‌کند. به همین صورت کاشت شبکیه پیامی را از دوربین گرفته به صورت دیجیتالی در می‌آورد و از طریق یک شبکهَ الکترود که در پشت چشم در عصب بینایی قرار گرفته است پیام را مخابره می‌کند. برای ناشنوایان و نابینایان جهان این ابزارها حواس (بینایی و شنوایی) آنها را احیا کرده است. وقتی برای اولین بار این تکنولوژی‌ها معرفی شدند مشخص

نبود که چنین رویکردی به‌کار بیاید و بسیاری از محققین در این مورد تردید داشتند: مغز با چنان ظرافت و دقتی سیم‌کشی شده است که گفتگوی بین الکترودهای فلزی و سلول‌های زیستی به طور واضح مشخص نیست. آیا مغز قادر خواهد بود پیام‌های خام و غیر بیولوژیکی را درک کند یا این پیام‌ها باعث آشفتگی مغز می‌شوند؟

زمانی‌که سیگنال تولید می‌شود مغز یاد می‌گیرد آنها را تفسیر کند. استفاده از این ایمپلنت‌ها برای مغز تا حدودی مشابه یادگیری یک زبان جدید است. در ابتدا پیام‌های الکتریکی خارجی نامفهوم هستند ولی سرانجام شبکه‌های عصبی الگوهایی را برای اطلاعات ورودی استخراج می‌کنند. اگرچه سیگنال‌های ورودی خام هستند ولی مغز راهی برای معنادار بودن آنها پیدا می‌کند و در جستجوی الگوهایی برای ارجاع متقابل به دیگر حواس است. اگر در اطلاعات ورودی ساختاری باشد که باید یافت شود مغز آنرا پیدا می‌کند و پس از چند هفته اطلاعات شروع به معنادار شدن می‌کنند. حتی اگر ایمپلنت‌ها سیگنال‌هایی کمی متفاوت‌تر از آنچه که ارگان‌های طبیعی ما انجام می‌دهند مخابره کنند مغز می‌فهد با اطلاعات دریافتی چه کاری و چگونه انجام دهد.