مغزی که خود را تغییر می‌دهد

داستان‌هایی واقعی و شگفت‌انگیز از موفقیت‌های مغز بشر

تألیف

دکتر نورمن دویج

ترجمه

دکتر محمدرضا کرامتی

دانشیار دانشگاه تهران

افسانه محمدی شاهرخ

کتاب ارجمند

کتاب ارجمند

دکتر نورمن دویج
مغزی که خود را تغییر می‌دهد
داستان‌هایی واقعی و شگفت‌انگیز از موفقیت‌های مغز بشر
ترجمه: دکتر محمدرضا کرامتی، افسانه محمدی شاهرخ
فروست: ۸۷۰
ناشر: کتاب ارجمند (با همکاری انتشارات ارجمند)
صفحه‌آرایی: معصومه دلنواز
مدیر هنری: احسان ارجمند
ناظر چاپ: سعید خانکشلو
چاپ: سامان، صحافی: روشنک
چاپ اول، اردیبهشت ۱۳۹۴، ۱۱۰۰ نسخه
شابک: ۴-۳۶۱-۲۰۰-۶۰۰-۹۷۸

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف، ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

www.arjmandpub.com

سرشناسه: دویج، نورمن Doidge, Norman
عنوان و نام پدیدآور: مغزی که خود را تغییر می‌دهد: داستان‌هایی واقعی و شگفت‌انگیز از موفقیت‌های مغز بشر/ تألیف نورمن دویج؛ ترجمه دکتر محمدرضا کرامتی، افسانه محمدی شاهرخ.
مشخصات نشر: تهران: کتاب ارجمند: ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری: ۳۰۴ ص. وزیری.
شابک: ۴-۳۶۱-۲۰۰-۶۰۰-۹۷۸
یادداشت: عنوان اصلی: کتاب حاضر ترجمهٔ بخش هایی از کتاب: The brain that changes itself, stories of personal triumph from the frontiers of brain science, 2007 است.
موضوع: انعطاف‌پذیری عصبی، مغز- ضایعات- بیماران- توانبخشی.
شناسه افزوده: کرامتی، محمدرضا، ۱۳۴۷-، مترجم، محمدی شاهرخ، افسانه، ۱۳۶۳-، مترجم.
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۲ ۷ م۹د/QP۳۶۳/۳
رده‌بندی دیویی: ۶۱۲/۸
شماره کتابشناسی ملی: ۳۳۵۹۴۷۵

مرکز پخش: انتشارات ارجمند

دفتر مرکزی: تهران بلوار کشاورز، بین خ کارگر و ۱۶ آذر، پلاک ۲۹۲، تلفن ۸۸۹۸۲۰۴۰
شعبه مشهد: ابتدای احمدآباد، پاساژ امیر، انتشارات مجد دانش، تلفن ۳۸۴۴۱۰۱۶-۰۵۱
شعبه رشت: خ نامجو، روبروی ورزشگاه عضدی، تلفن ۳۳۳۳۲۸۷۶-۰۱۳
شعبه بابل: خ گنج افروز، پاساژ گنج افروز، تلفن ۳۲۲۲۷۷۶۴-۰۱۱
شعبه ساری: بیمارستان امام، روبروی ریاست تلفن ۰۹۱۱۸۰۲۰۰۹۰
شعبه کرمانشاه: خ مدرس، پشت پاساژ سعید، کتابفروشی دانشمند تلفن ۳۷۲۸۴۸۳۸-۰۸۳

بها: ۱۸۰۰۰ تومان

با ارسال پیامک به شمارهٔ ۵۹۹ ۵۹۹ ۰۰۰ ۰۰۰ ۱ در جریان تازه‌های نشر ما قرار بگیرید:
ارسال عدد ۱ : دریافت تازه‌های نشر پزشکی به صورت پیامک
ارسال عدد ۲: دریافت تازه‌های نشر روان‌شناسی به صورت پیامک
ارسال ایمیل: دریافت خبرنامهٔ الکترونیکی انتشارات ارجمند به صورت ایمیل

فهرست

مقدمه به قلم دکتر عبدالرحمن نجل رحیم ۵

سخن مترجم ۷

پیشگفتار ۹

فصل ۱– زنی که دائم می‌افتاد. . . . (توسط مردی که انعطاف‌پذیری حواس ما را کشف کرد، نجات یافت). .. ۱۳

فصل ۲– ساختن مغزی بهتر (زنی که "عقب‌مانده" نامیده می‌شد کشف کرد که چگونه خود را درمان کند) ... ۳۶

فصل ۳– طراحی مجدد مغز (دانشمندی که مغزها را تغییر می‌دهد تا قدرت درک و حافظه را بالا ببرد، سرعت فکرکردن را افزایش دهد و مشکلات یادگیری را درمان کند)..... ۵۱

فصل ۴– شکل‌گیری عشق و جاذبه جنسی (انعطاف‌پذیری عصبی در مورد عشق و جاذبه جنسی چه می‌گوید؟..... ۹۴

فصل ۵– رستاخیز در نیمه‌شب (قربانیان سکته مغزی یاد می‌گیرند دوباره حرکت کنند و حرف بزنند ۱۲۵

فصل ۶– باز شدن قفل مغز (استفاده از انعطاف‌پذیری برای کاهش نگرانی، وسواس و عادات بد) ۱۵۲

فصل ۷– درد (روی تاریک انعطاف‌پذیری) ۱۶۴

فصل ۸– تخیّل (فکر کردن چه تأثیری دارد)..... ۱۸۲

فصل ۹– تبدیل اشباح به اجداد (روانکاوی، درمانی بر پایه انعطاف‌پذیری) ۱۹۸

فصل ۱۰– جوان‌سازی (کشف سلول‌های بنیادی عصبی و درس‌هایی برای محافظت از مغز) ۲۲۳

فصل ۱۱– چیزی بیش از مجموع اجزای یک زن (به ما نشان می‌دهد که مغز تا چه حد می‌تواند انعطاف‌پذیر باشد)..... ۲۳۴

پیوست ۱– مغز تحت‌تأثیر فرهنگ شکل می‌گیرد (مغز فرهنگ را می‌سازد و فرهنگ مغز را)..... ۲۵۹

پیوست ۲– انعطاف‌پذیری و ایده پیشرفت ۲۷۹

منابع ۲۸۳

واژه‌نامهٔ انگلیسی به فارسی ۳۰۱

مقدمه

مغزی که خود را می‌سازد

کتابی را که در دست دارید ترجمهٔ فارسی کتاب پرفروشی به زبان انگلیسی از نورمن دویج، پزشک، روانکاو و عاشق مغز پژوهی مدرن، است که در قالب روایت‌هایی ملموس و قابل فهم برای همه، به یکی از خاصیت‌های شگفت‌آور مغز انسان، یعنی انعطاف‌پذیری آن می‌پردازد. روایاتی هیجان‌انگیز و پرماجرا که به سبک داستان‌های پلیسی نوشته شده، صرفاً تلاش دارد تا خواننده را قانع کند که مغز خاصیتی انعطاف‌پذیر دارد و می‌توان از این خاصیت مغز با استفاده از ابزارهای مداخله‌گر، در جهت بهبود معلولیت‌های حادث از آسیب‌های سلسله اعصاب استفاده کرد و راهی نو برای ادامهٔ زندگی فعّال و همراه با سلامت پیدا کرد. نویسندهٔ کتاب برای اینکه خواننده را قانع کند که واقعاً مغز عضوی انعطاف‌پذیر است و برخلاف تصور گذشته چون سخت‌افزاری کامپیوتری کار نمی‌کند، ناخواسته وجه مهم دیگر، یعنی خاصیت تخصص‌پذیری آن را زیر سؤال می‌برد که به ظاهر متناقض و مخالف با انعطاف‌پذیری مغز به‌نظر می‌رسد. اما در واقع این دو خاصیت به ظاهر متناقض مغز، لازم و ملزوم یکدیگرند. با وجود یکی بدون دیگری سازمان کارکردی مغز برای حفظ بقای انسان بهم می‌ریزد. این دو خاصیت به درجاتی در ساختمان زیستی همهٔ موجودات روی زمین لحاظ شده است. گذشت آن زمانی که دستگاه‌های زیستی را با ساعت و یا دستگاه‌های مکانیکی و بعدها با کامپیوتر تشبیه می‌کردند و یا ژنتیک را مجموعه‌ای ثابت و کارکردش را از پیش تعیین‌شده می‌دانستند. دستگاه ژنتیکی بدن ما انعطاف‌پذیرترین دستگاه‌های طبیعی روی زمین است. ارتباطات بی‌شمار بین یاخته‌های مغز ما با فعالیت انعطاف‌پذیر مجموعهٔ ژنتیکی ما وابسته است. اما موضعی و تخصصی شدن یاخته‌های مغز در مناطق سازماندهی‌شدهٔ مغز، سر جای خودش

هست و منافاتی با انعطاف‌پذیری در مواجهه با ناملایمات و صدمات ندارد. بنابراین نورولوژی که پایه‌های آن در قرن نوزدهم گذاشته شده، با یافته‌های جدید زیر سؤال نمی‌رود، بلکه تکمیل و کارآتر می‌شود. نباید فراموش کنیم که نقشه‌های مغزی را تا حدی می‌توان تغییر داد که تمامیت سازماندهی آن را برهم نریزد. البته نورمن دویج در کتاب خود سعی دارد تا انعطاف‌پذیری مغز را با دلایلی قانع‌کننده به خواننده معمولی بفهماند. در این اصرار، گاه اغراق پیشه می‌کند و به خاصیت مهم تخصص‌یابی مغز که از منظر خوانندگان پر شمار کتاب، ممکن است متناقض جلوه کند، بی‌اعتنا است. رعایت انصاف و تعادل همیشه مشکل و البته عدم رعایت آن نیز گاه می‌تواند گمراه‌کننده باشد. درست است که با اطلاعاتی که از مغز پژوهی جدید داریم، یک منطقه از مغز فقط یک کار انجام نمی‌دهد، بلکه کارهای تخصصی گوناگونی بسته به برقراری نوع ارتباطات با مناطق دیگر مغز در ضمن تجربیات زندگی، به عهده دارد. اما این امر نیز به پیچیدگی تخصصی کارکرد مناطق مغزی می‌افزاید. با این همه مطالعهٔ این کتاب را که حاوی توصیف‌های درخشان از مواردی خاص است را به همه مشتاقان علم و معرفت توصیه می‌کنم.

ترجمهٔ کتاب‌هایی علمی از این دست با ظاهری ساده و همه‌فهم، در عمل احتیاج به دانش وسیع و عمیق و اشراف به تحولات علمی و مقایسهٔ دقیق متون موجود در زبان انگلیسی و فارسی در این عرصه‌ها دارد، که کاری دشوار است. بدیهی است که با وجود تلاش قابل تقدیر مترجمان فارسی این کتاب، هنوز کم و کاستی‌های قابل ذکری مشاهده می‌شود که پرداختن به آنها فرصتی دیگر می‌طلبد.

عبدالرحمن نجل رحیم
دانشیار نورولوژی
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

سخن مترجم

نورمن دویج، پزشک، روان‌شناس، روانکاو، شاعر، نویسنده، محقّق و عضو هیئت علمی مرکز تحقیق و تربیت روانکاوی دانشگاه کلمبیا در نیویورک و دانشکدهٔ روانکاوی دانشگاه تورنتو می‌باشد و تاکنون چهار بار موفق به دریافت جایزهٔ طلایی مجله ملی کانادا شده است. کتاب حاضر که به قلم چنین فردی با کلکسیونی از تخصص‌ها و تجربیات علمی به نگارش درآمده است، در سال ۲۰۰۸ برای نخستین بار در استرالیا و نیوزیلند به چاپ رسید و تا سال ۲۰۱۰ سیزده مرتبه تجدید چاپ شد. ترکیب ماهرانهٔ تخصص‌های نویسنده در نگارش گرچه تا حدودی بر سنگینی قلمش سایه انداخته، اما جذابیت مطالب را دوچندان کرده است. این کتاب که حاصل تجربیات واقعی دانشمندان برجسته، پزشکان مشهور و بیماران است، می‌تواند مورد استفادهٔ کلیهٔ متخصصان در زمینهٔ روان‌شناسی، روان‌پزشکی، اعصاب و روان و همچنین مشاوران، روان‌درمان‌گرها، مددکاران اجتماعی و پزشکان عمومی قرار گیرد. همچنین می‌توان آن را به عنوان یکی از منابع اصلی درس روان‌شناسی عصبی در دورهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ روان‌شناسی معرفی کرد.

دکتر محمدرضا کرامتی

دانشیار دانشکدهٔ روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران

افسانه محمدی شاهرخ

زمستان ۱۳۹۱

پیشگفتار

این کتاب از یک کشف انقلابی پرده برمی‌دارد: مغز انسان می‌تواند خود را تغییر دهد؛ این تغییر خارق‌العاده براساس تجربیات واقعی دانشمندان، پزشکان و بیماران است. آنها بدون جراحی یا مصرف دارو، از قدرت ناشناختهٔ مغز برای تغییر خودش استفاده کرده‌اند. برخی از این افراد مشکلات به‌ظاهر لاعلاج مغزی داشته‌اند و برخی مشکل خاصی نداشته و فقط می‌خواستند کارایی مغزشان را افزایش دهند یا تأثیر پیری را بر عملکرد مغزشان متوقف کنند.

این ماجراجویی بیش از چهارصد سال است که به جایی نرسیده است، زیرا در گذشته علم پزشکی بر این باور بود که آناتومی مغز ثابت است و تصور می‌شد پس از دوران کودکی، مغز تنها زمانی تغییر می‌کند که روند نزولی حاصل از گذر عمر آغاز گردد. اعتقاد بر این بود زمانی که انسان پا به دورهٔ پیری می‌گذارد، سلول‌های مغز نه تنها رشد نمی‌کنند بلکه در معرض آسیب و نابودی نیز قرار می‌گیرند و در نتیجه، نمی‌توانند جایگزین شوند یا خود را بازسازی نمایند. همچنین، تصور می‌شد زمانی که بخشی از مغز آسیب می‌بیند، مغز نمی‌تواند ساختارش را تغییر دهد یا راه‌حل دیگری پیدا کند. نظریهٔ تغییرناپذیری مغز می‌گفت افرادی که با محدودیت‌های ذهنی یا مغزی متولد شده‌اند یا آسیب مغزی طولانی‌مدت دیده‌اند در تمام عمر محکوم به تحمل آن هستند. به دانشمندانی که فکر می‌کردند می‌توانند مغز را از طریق فعالیت یا تمرین ذهنی بهبود بخشند، گفته می‌شد وقت خود را تلف نکنند.

یک پوچ‌گرایی عصب‌شناختی- احساسی مبنی بر غیرقابل‌درمان بودن نارسایی‌های مغزی حاکم شده بود و به‌صورت یک فرهنگ در آمده بود. این موضوع حتی باعث شده

بود نگرش‌ها نسبت به ماهیت انسان نیز محدود شود. زیرا اگر بپذیریم مغز نمی‌تواند تغییر کند، باید پذیرفت انسان هم نمی‌تواند تغییر کند. سه باور عمده موجب شده بود ایدهٔ تغییرناپذیری مغز رواج یابد:

۱. مبتلایان به آسیب‌های مغزی به ندرت می‌توانند کاملاً درمان شوند.

۲. بررسی فعالیت‌های میکروسکوپی مغز زنده برای ما غیرممکن است.

۳. مغز مانند یک دستگاه پرعظمت، گرچه کارهای خارق‌العادهٔ زیادی انجام می‌دهد اما رشد نمی‌کند و دچار تغییر نمی‌شود.

من به‌واسطهٔ تحقیقاتم به‌عنوان یک روان‌پزشک، روانکاو و محقق به نظریهٔ تغییر مغز علاقه‌مند شدم. زمانی که بیماران گمان می‌کردند به‌لحاظ روانشناختی پیشرفت نمی‌کنند، باور پزشکی سنتی بر این بود که مشکلات آنها به «سیم‌کشی» مغز یعنی تغییرناپذیری آن مربوط است. بر اساس این باور، مغز مانند یک سخت‌افزار کامپیوتری دارای مدارهای به‌هم پیوسته است که هر یک برای انجام عملکرد خاصّی طراحی شده‌اند.

اولین بار که شنیدم ممکن است مغز انسان سیم‌کشی نداشته باشد، مجبور شدم خودم تحقیق کنم و شواهد را بررسی نمایم. این تحقیقات مرا از اتاق مشاوره‌ام بسیار دور کرد. شروع به مسافرت کردم و طی سفر با دانشمندان برجستهٔ بسیاری که جزء پیشگامان علوم مغزی محسوب می‌شدند و در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به اکتشافات غیرمنتظره دست یافته بودند، ملاقات کردم. آنها نشان داده بودند مغز با هر فعالیت متفاوتی که انجام می‌دهد، ساختارش را تغییر داده و مدارهایش را به تناسب آن فعالیت تکمیل می‌کند. اگر "بخش‌هایی" ضعیف عمل کنند، ممکن است بخش‌های دیگر به کمکش بیایند. در نظر گرفتن مغز به‌عنوان یک دستگاه، نمی‌توانست پاسخگوی تغییراتی باشد که این دانشمندان مشاهده کرده بودند. آنها به‌تدریج این ویژگی بنیادین مغز را «انعطاف‌پذیری عصبی[1]» نامیدند.

عصب‌ها سلول‌های عصبی مغز و دستگاه عصبی ما هستند. Plastic به معنای "تغییرپذیر، تأثیرپذیر و قابل اصلاح" است. در ابتدا، بسیاری از دانشمندان جرأت نمی‌کردند در مقالات و کتاب‌های خود از اصطلاح "انعطاف‌پذیری عصبی" استفاده کنند زیرا به‌خاطر ترویج این

1. neuroplasticity

اصطلاح توسط همکاران‌شان تحقیر می‌شدند. اما آنها مقاومت کردند و به‌تدریج اصول تغییرناپذیری مغز را برانداختند و نشان دادند بچه‌ها همیشه در سطح توانایی‌های مغزی که هنگام تولد داشته‌اند، باقی نمی‌مانند. آنها آشکار ساختند که مغز آسیب‌دیده اغلب می‌تواند خود را دوباره سازمان‌دهی کند و اگر بخشی از آن ناکام بماند و یا برخی از سلول‌ها بمیرند، بخش دیگر یا سلول‌های دیگر می‌توانند جایگزین شوند و اینکه بسیاری از "مدارها" و حتی واکنش‌های اصلی که تصور می‌کنیم ثابت هستند، متغیرند. یکی از این دانشمندان حتی نشان داده است که فکرکردن، یادگرفتن و عمل‌کردن می‌توانند ژن‌های ما را خاموش و روشن کنند و ساختار مغز و رفتارمان را شکل دهند. این ایده یکی از شگفت‌انگیزترین اکتشافات قرن بیستم است.

در طول سفرهایم با دانشمندان زیادی ملاقات کردم که یکی از آنها به نابینایان مادرزاد، قدرت بینایی و دیگری به ناشنوایان قدرت شنیدن می‌داد؛ با افرادی صحبت کردم که سال‌ها قبل سکتهٔ مغزی کرده بودند و پزشکان به آنها گفته بودند بیماری‌شان لاعلاج است. این افراد با درمان‌های انعطاف‌پذیری عصبی بهبود یافته بودند. با افرادی ملاقات کردم که اختلالات یادگیری‌شان درمان شده بود و بهرهٔ هوشی‌شان افزایش یافته بود؛ شواهدی را دیدم که نشان می‌داد کودکان هشت‌ساله می‌توانند حافظهٔ خود را تا حد عملکرد افراد پنجاه‌وپنج ساله تقویت کنند. افرادی را دیدم که با افکارشان، سیم‌کشی مغز خود را طوری تغییر داده بودند که می‌توانستند وسواس و مصدومیت‌های لاعلاج خود را درمان کنند. من با برندگان برجستهٔ جایزهٔ نوبل صحبت کردم که معتقد بودند حالا که می‌دانیم مغز همواره در حال تغییر است، باید در مورد مدل مغز تجدیدنظر کنیم.

از زمانی که برای اولین بار آناتومی اولیهٔ مغز را ترسیم کردیم، این ایده که مغز می‌تواند ساختارش را تغییر دهد، مهم‌ترین تغییر در دیدگاه ما نسبت به مغز به‌حساب می‌آید. این کشف هم مانند همهٔ تحولات می‌تواند تأثیر به سزایی داشته باشد و امیدوارم این کتاب بعضی از این تأثیرات را نشان دهد. انقلاب انعطاف‌پذیری عصبی کاربردهای بسیاری از جمله در درک ما از اینکه چگونه عشق، جنسیت، اندوه، ارتباط، یادگیری، اعتیاد، فرهنگ، فناوری و روان‌درمانی مغز ما را تغییر می‌دهد، خواهد داشت. تمامی علوم انسانی، اجتماعی و فیزیکی تا جایی که به طبیعت بشر مربوط می‌شوند و همهٔ انواع آموزش و پرورش تحت

تأثیر قرار خواهند گرفت. همهٔ مکاتب باید این واقعیت را بپذیرند که مغز همواره در حال تغییر است، می‌تواند خود را تغییر دهد و ساختارش در افراد، متفاوت است.

با اینکه انسان مغز خود را دست‌کِم گرفته است و آن را غیرقابل‌انعطاف می‌داند اما باید پذیرفت همه چیزِ انعطاف‌پذیری عصبی خوب نیست؛ این ویژگی گرچه مغز را زیرک‌تر می‌سازد آن را در برابر تأثیرات بیرونی، آسیب‌پذیرتر هم می‌کند. انعطاف‌پذیری عصبی قدرت ایجاد رفتارهای تغییرپذیر و غیرقابل‌تغییرپذیر را هم دارد- پدیده‌ای که به آن «تضاد انعطاف» می‌گویند. زمانی که تغییری در مغز اتفاق می‌افتد و تثبیت می‌شود، می‌تواند جلوی تغییرات دیگر را بگیرد. تنها با درک تأثیرات مثبت و منفی انعطاف‌پذیری است که می‌توان میزان توانایی انسان را درک کرد. از آنجا که ضروری است برای کسانی که کار جدیدی می‌کنند اصطلاح جدیدی به‌کار برد، من کسانی را که از علم جدید تغییر مغز استفاده می‌کنند، متخصصان انعطاف‌پذیری عصبی می‌نامم.

فصل ۱

زنی که دائم می‌افتاد . . .

توسط مردی که انعطاف‌پذیری حواس ما را کشف کرد، نجات یافت.

شریل اسکیلتز همواره احساس می‌کند می‌افتد و به همین خاطر واقعاً می‌افتد. زمانی که بدون کمک دیگری می‌ایستد، به‌نظرش می‌رسد که لبهٔ پرتگاهی ایستاده و نزدیک است که سقوط کند. اول سرش گیج می‌رود و به یک طرف خم می‌شود و دست‌هایش را در تلاش برای ثابت‌کردن موقعیتش دراز می‌کند. خیلی زود بدنش با بی‌نظمی عقب و جلو می‌رود و شبیه بندبازی به‌نظر می‌رسد که روی طنابی ایستاده و قبل از اینکه تعادلش را از دست دهد مثل اَلاکلنگی آشفته حرکت می‌کند. پاهایش، با فاصله، محکم به زمین چسبیده‌اند. گویا فقط نگران افتادن نیست، بلکه انگار بیشتر نگران است مبادا کسی هُلش بدهد.

به او می‌گویم «مثل کسی هستی که روی یک پل تِلو تِلو می‌خورد.» و او می‌گوید«بله، احساس می‌کنم قرار است بپرم، در حالی‌که اصلاً نمی‌خواهم.»

وقتی نزدیکش می‌شوم، می‌بینم خیلی تلاش می‌کند تا موقعیتش را تثبیت کند اما نمی‌تواند و تکان تکان می‌خورد. انگار یک دستهٔ گانگستر نامرئی او را به طرف خود می‌کشند یا به سمت مخالف هُل می‌دهند و بی‌رحمانه تلاش می‌کنند او را به زمین بیاندازند. آنها پنج سال است که در درون او جا خوش کرده‌اند. هنگام راه رفتن، با اینکه دستش را به دیوار می‌گیرد ولی باز هم مثل یک فرد مست تِلو تِلو می‌خورد. او هرگز آرامش ندارد، حتی وقتی روی زمین می‌افتد.

شریل می‌گوید «گاهی پیش می‌آید که زمین را به معنای واقعی کلمه احساس نمی‌کنم. . . بلکه تصور می‌کنم یک دریچهٔ خیالی باز می‌شود و مرا می‌بلعد.» حتی وقتی روی زمین افتاده است، احساس می‌کند در حال سقوط داخل یک چاه بی‌انتها است. مشکل شریل این است که دستگاه وستیبولار[۱] (اندام حس‌گر برای سیستم تعادل) کار نمی‌کند. او بسیار خسته است و این احساس که در حال سقوط آزاد است، اعصابش را به هم ریخته و نمی‌تواند به چیز دیگری فکر کند. او از آینده می‌ترسد. پس از مدتی، شغلش یعنی نمایندهٔ فروش بخش بین‌الملل یک شرکت را از دست داد و حالا با کمک هزینهٔ ۱۰۰۰ دلاری برای معلولیت، زندگی‌اش را می‌گذراند. ترس دیگری هم به تازگی به ترس‌هایش اضافه شده و آن ترس از پیری است. این ترس نوع جدیدی از اضطراب را نشان می‌دهد که هیچ نامی ندارد. افرادی که چنین اختلالی دارند به لحاظ روانی از هم می‌پاشند و حتی ممکن است خودکشی کنند.

ما از حواسی برخورداریم که وقتی آنها را از دست می‌دهیم متوجه ارزش آنها می‌شویم. دستگاه وستیبولار از سه کانال نیم‌دایره‌ای در گوش درونی تشکیل شده که از طریق درک حرکت در فضای سه‌بُعدی به ما می‌گوید چه زمانی ایستاده‌ایم و چگونه جاذبه بر بدن ما تأثیر می‌گذارد. یکی از کانال‌ها حرکت در سطح افقی، دیگری حرکت در سطح عمودی و کانال سوم حرکت به جلو یا عقب را پیگیری می‌کند. کانال‌های نیم‌دایرهٔ دارای موهای ریز در بستری از مایع هستند. زمانی که سر خود را تکان می‌دهیم، این مایع، موها را به حرکت در می‌آورد و سیگنالی به مغز می‌فرستد که به ما می‌گوید سرعت خود را در مسیر خاصی تغییر داده‌ایم. هر حرکت نیازمند تنظیم‌شدن بقیهٔ قسمت‌های بدن است. اگر سرمان را به سمت جلو تکان دهیم، مغز به‌طور ناخودآگاه، به بخش مربوطهٔ بدن می‌گوید که خود را تنظیم کند تا بتوانیم این تغییر در مرکز جاذبهٔ بدن را متعادل کنیم و تعادل خود را حفظ نماییم. سیگنال‌های دستگاه وستیبولار از طریق یک عصب به سمت دسته‌ای از سلول‌های عصبی در مغز می‌رود که به آن «هسته‌های وستیبولار[۲]» گفته می‌شود. این هسته‌ی وستیبولار سیگنال‌ها را پردازش می‌کند و سپس به ماهیچه‌های ما پیام می‌فرستد

---

۱. Vestibular apparatus: در گوش داخلی ساختاری به نام دستگاه وستیبولار وجود دارد که به آن سیستم تعادلی نیز گفته می شود و وظیفه آن حفظ تعادل بدن است.

2. Vestibular nuclei

تا خود را تنظیم کنند. یک دستگاه وستیبولار سالم همچنین رابطهٔ قدرتمندی با سیستم بینایی دارد. زمانی که دنبال یک اتوبوس می‌دوید و سرتان در حال دویدن به سمت عقب و جلو خم می‌شود، باز هم می‌توانید اتوبوس در حال حرکت را در مرکز دید خود نگه دارید زیرا دستگاه وستیبولار پیام‌هایی به مغز می‌فرستد و سرعت و مسیر دویدن‌تان را به آن می‌گوید. این سیگنال‌ها به مغز اجازه می‌دهد کرهٔ چشم‌تان را بچرخاند و تنظیم کند تا بتوانید آن را بر روی هدف، یعنی اتوبوس، ثابت نگه دارید.

من در کنار شریل هستم. او نسبت به آزمایش امروز امیدوار است و در مورد وضعیتش خویشتن‌دار و آمادهٔ پذیرش است. یوری دانیلو، بیوفیزیکدان گروه، محاسبات مربوط به اطلاعات حاصل از دستگاه وستیبولار شریل را انجام می‌دهد. او می‌گوید» شریل بیماری است که دستگاه وستیبولار خود را در حد نود و پنج تا صد درصد از دست داده است.»

با توجه به یافته‌های علمی گذشته، امیدی به پروندهٔ شریل نیست. دیدگاه سنتی مغز را متشکل از گروهی از پردازش‌کننده‌های تخصصی می‌داند که به لحاظ ژنتیکی تثبیت شده‌اند و هر کدام عملکرد خاصی دارند. زمانی که یکی آسیب ببیند، نمی‌توان آن را جایگزین کرد. احتمال به دست‌آوردن مجدد تعادل در سیستم آسیب‌دیدهٔ شریل به اندازهٔ فردی است که شبکیهٔ چشمش آسیب دیده است و اکنون قدرتِ دید ندارد. اما همهٔ این باورها امروز به چالش کشیده شده‌اند.

شریل یک کلاه محافظ به سر دارد که در اطرافش سوراخ‌هایی ایجاد شده است و درون آن، دستگاه شتاب‌سنج قرار دارد. او یک نوار پلاستیکی را که رویش الکترودهایی قرار دارد، می‌لیسد و روی زبانش قرار می‌دهد. دستگاه شتاب‌سنج درون کلاه سیگنال‌هایی به نوار می‌فرستد و هر دوی آنها به یک کامپیوتر متصل هستند. شریل به قیافهٔ خود با آن کلاه می‌خندد و می‌گوید»اگر نخندم، گریه‌ام می‌گیرد.»

این دستگاه، جایگزین دستگاه وستیبولار شریل خواهد شد و از طریق زبانش سیگنال‌های تعادلی را به مغزش خواهد فرستاد. کلاه می‌تواند کابوس فعلی شریل را وارونه کند. در سال ۱۹۹۷، بعد از یک عمل هیسترکتومی[۱]، شریل که در آن زمان سی‌ونه سال داشت دچار عفونت پس از جراحی شد و به او آنتی‌بیوتیک جنتامایسین دادند.

---

۱. عمل بیرون آوردن رحم.

می‌گویند مصرف افراطی جنتامایسین ساختار گوش میانی را مسموم می‌کند و ممکن است قدرت شنوایی را کاهش دهد. اما از آنجا که جنتامایسین ارزان و تأثیرگذار است، هنوز هم تجویز می‌شود.

ناگهان شریل روزی متوجه شد نمی‌تواند بدون زمین‌خوردن، بایستد. او وقتی سرش را تکان می‌داد تصور می‌کرد اتاق دور سرش می‌چرخد و نمی‌توانست این موضوع را درک کند که چرخاندن سر موجب می‌شود این تصور را داشته باشد. او سرانجام دستش را به دیوار گرفت، روی زمین نشست و به سمت تلفن رفت تا با دکترش تماس بگیرد. وقتی به بیمارستان رسید، پزشکان روی او آزمایش‌های مختلفی انجام دادند تا ببینند سیستم وستیبولار بدنش کار می‌کند یا نه. آنها آب داغ و آب بسیار سرد داخل گوش‌هایش ریختند و او را روی میز خواباندند. وقتی از او خواستند با چشم بسته بایستد، سقوط کرد. یکی از پزشکان به او گفت «سیستم وستیبولار تو اصلاً کار نمی‌کند.» آزمایش‌ها نشان دادند تنها دو درصد از عملکرد این سیستم باقی مانده است.

شریل می‌گوید «دکتر با خونسردی و بی‌تفاوتی به من گفت به‌نظر می‌رسد از عوارض جانبی جنتامایسین باشد.» شریل در حالی که احساساتی شده بود فریاد زد: «چرا تا به حال هیچ‌کس به من چیزی در این مورد نگفته بود؟ دکتر گفت: «این حالت، همیشگی است.»

از آنجا که ارتباط بین دستگاه وستیبولار شریل و سیستم بینایی‌اش آسیب دیده است، چشم‌هایش نمی‌توانند به راحتی یک هدف در حال حرکت را دنبال کنند. او می‌گوید: «همهٔ چیزهایی را که می‌بینم انگار توسط یک فیلمبردار آماتور فیلم‌برداری شده است. به هر چیز که نگاه می‌کنم انگار از ژله درست شده است و با هر قدمی که برمی‌دارم، احساس می‌کنم همه چیز تکان می‌خورد.»

با اینکه نمی‌تواند اجسام در حال حرکت را با چشم‌هایش دنبال کند، حس بینایی تنها چیزی است که به او می‌گوید که ایستاده است. چشم‌ها با ثابت شدن بر روی خطوط افقی به ما کمک می‌کنند تا بفهمیم در کجای فضا قرار داریم. یک بار وقتی برق‌ها رفت، شریل بلافاصله روی زمین افتاد. اما به او ثابت شد که بینایی دستیار غیرقابل‌اعتمادی است، چون هر حرکتی در برابر او– حتی فردی که به سمتش می‌رود– احساس افتادن را تشدید می‌کند. حتی خطوط زیگزاگ روی فرش هم، با فرستادن پیام‌های اشتباه مبنی بر اینکه کج ایستاده است (در حالی‌که این‌طور نیست)، می‌تواند او را سرنگون کند.

او از خستگی ذهنی هم رنج می‌برد، زیرا باید همواره گوش به زنگ باشد. قدرت مغزی زیادی مورد نیاز است تا بتوان در حالت ایستاده باقی ماند– قدرت مغزی که از عملکردهای ذهنی مثل حافظه و توانایی محاسبه و استدلال گرفته می‌شود. در حالی که یوری اعداد کامپیوتر را برای شریل می‌خواند، از او می خواهم که من هم دستگاه را امتحان کنم. کلاه محافظ بنّایی را روی سرم می‌گذارم و دستگاه پلاستیکی با الکترودهای رویش را که نمایشگر زبان نامیده می‌شود، در دهانم می‌گذارم. مسطح است و ضخامت آن به اندازهٔ یک بستهٔ آدامس بیشتر نیست.

شتاب‌سنج یا حس‌گر درون کلاه حرکت در دو جهت را دنبال می‌کند. وقتی سرم را تکان می‌دهم، این حرکت در نقشه‌ای روی صفحهٔ کامپیوتر طوری نشان داده می‌شود که گروه بتواند آن را بررسی کند. همین نقشه بر روی ردیف ۱۴۴تایی الکترودهای کارگذاشته شده بر روی نوار پلاستیکی درون دهانم نیز نشان داده می‌شود. وقتی سرم را به جلو خم می‌کنم، شوک‌های الکتریکی در جلوی زبانم ایجاد می‌شود تا به من بگوید به جلو خم شده‌ام. روی صفحهٔ کامپیوتر می‌توانم جای سرم را ببینم. وقتی به عقب خم می شوم، احساس می‌کنم شوک‌های الکتریکی با حرکتی نرم به عقب زبانم می‌روند. همین اتفاق وقتی به دو طرف خم می شوم هم می‌افتد. بعد، چشم‌هایم را می‌بندم و سعی می‌کنم با زبانم راهم را در فضا پیدا کنم. خیلی زود فراموش می‌کنم که اطلاعات حسی از زبانم می‌آید و می‌تواند جایگاهم را در فضا پیدا کند.

شریل کلاه را پس می‌گیرد و به میز تکیه می‌دهد تا تعادلش را حفظ کند. یوری می‌گوید: «بیایید شروع کنیم» و سپس کنترل‌ها را تنظیم می‌کند. شریل کلاه را روی سرش می‌گذارد و چشم‌هایش را می‌بندد. از میز کمی فاصله می‌گیرد و ارتباطش را فقط با دو انگشت نگه می‌دارد. او نمی‌افتد، اما هیچ نظری در مورد اینکه چه چیزی بالا یا پایین است ندارد، به جز همان شوک‌های کوچکی که به زبانش وارد می‌شوند. او انگشت‌هایش را از روی میز برمی‌دارد. دیگر تِلو تِلو نمی‌خورد. شروع به گریه می‌کند و سیل اشک‌هایش بعد از یک ضربهٔ روحی سرازیر می‌شود. او که حالا کلاه بر سر دارد و احساس امنیت می‌کند، می‌تواند راحت باشد. اولین بار که کلاه را روی سرش گذاشت، دیگر آن احساس سقوط مداوم را (برای اولین بار در طی پنج سال) نداشت. هدف امروز او این است که با کلاه، بیست دقیقه آزادانه بایستد و در همان حالت به صورت متمرکز باقی بماند. بیست دقیقه

صاف ایستادن برای هر کسی مستلزم یادگیری آموزش‌ها و مهارت‌های محافظان قصر باکینگهام است– چه رسد به یکی از افراد قبیلهٔ لرزان.

شریل آرام به‌نظر می‌رسد. اصلاحات جزئی انجام می‌دهد. تِلو تِلو خوردن متوقف شده و شیاطین مرموزی که به‌نظر می‌رسید درون او هستند و او را هل می‌دهند یا می‌کشند، ناپدید شده‌اند. مغزش سیگنال‌های فرستاده‌شده از دستگاه وستیبولار مصنوعی را رمزگشایی می‌کند. برای او، این لحظات آرامش مثل یک معجزه است؛ یکی از معجزات انعطاف‌پذیری عصبی. زیرا این احساس خارش‌های روی زبانش که اغلب به بخشی از مغز به نام قشر حسی[1] (لایهٔ نازک بر روی سطح مغز که حس لامسه را پردازش می‌کند) می‌روند، حالا از طریق مسیر جدیدی راه خود را به بخشی از مغز که محل ایجاد تعادل است، باز کرده‌اند.

باخی ریتا می‌گوید «حالا تلاش می‌کنیم این دستگاه را آن قدر کوچک کنیم که بتوان آن را درون دهان مخفی کرد، مثل وسائل ارتودنسی. این هدف ما است. بعد شریل و همهٔ کسانی که این مشکل را دارند، می‌توانند به زندگی عادی خود برگردند. افرادی مثل شریل باید بتوانند از این دستگاه استفاده کنند، حرف بزنند و غذا بخورند بدون اینکه کسی متوجه آن شود. او ادامه می‌دهد «اما این تنها روی کسانی که از مصرف جنتامایسین آسیب دیده‌اند، تأثیر نمی‌گذارد. دیروز در نیویورک تایمز مقاله‌ای در مورد افتادن در پیری خواندم. افراد پیر از افتادن، بیشتر از مورد حمله قرار گرفتن می‌ترسند. یک سوم افراد پیر می‌افتند و چون از افتادن می‌ترسند، در منزل می‌مانند، از اعضای بدن‌شان استفاده نمی‌کنند و به‌لحاظ فیزیکی شکننده‌تر می‌شوند. اما من گمان می‌کنم بخشی از مشکل این است که حس وستیبولار– درست مثل شنوایی، چشایی، بینایی و حواس دیگر– با گذشت زمان ضعیف‌تر می‌شود. این دستگاه به آنها هم کمک خواهد کرد.»

یوری می‌گوید: «وقتش است» و سپس دستگاه را خاموش می‌کند. در این لحظه، دومین شگفتی انعطاف‌پذیری عصبی آغاز می‌شود. شریل دستگاه زبانی را خارج می‌کند و کلاه را برمی‌دارد. لبخند بزرگی می‌زند، آزادانه با چشم بسته می‌ایستد و نمی‌افتد. بعد چشم‌هایش را باز می‌کند و بدون اینکه میز را بگیرد، یکی از پاهایش را از روی زمین بلند می‌کند و

1. Sensory cortex

تعادلش را با پای دیگر حفظ می‌کند و می‌گوید: «من عاشق این مرد هستم،» و سپس به سمت باخی ریتا می‌رود، او را در آغوش می‌گیرد و در حالی که احساساتی شده است، از اینکه دوباره زمین را زیر پاهایش حس می‌کند شادمان است و بعد به سمت من می‌آید، مرا هم در آغوش می‌گیرد و ادامه می‌دهد:

«احساس ثبات و تعادل می‌کنم. لازم نیست فکر کنم که ماهیچه‌های بدنم کجا هستند. می‌توانم به چیزهای دیگر فکر کنم.» به سمت یوری برمی‌گردد و او را هم در آغوش می‌کشد. یوری، که خود را فردی شکاک می‌داند، می‌گوید: «کدام قسمت این یک معجزه است. شریل تقریباً هیچ حس‌گر طبیعی نداشت. در بیست دقیقه گذشته ما یک حس‌گر مصنوعی برای او فراهم کردیم. اما معجزه واقعی حالااتفاق افتاده است. ما دستگاه را برداشته‌ایم و او دیگر نه دستگاه وستیبولار طبیعی دارد و نه مصنوعی. ما یک جور نیرو را در درون او برانگیخته‌ایم.»

شریل اولین بار فقط یک دقیقه کلاه را روی سرش گذاشت. آنها متوجه شدند پس از برداشتن کلاه، نوعی «تأثیر باقیمانده» حدود بیست ثانیه وجود داشت. بعد شریل دو دقیقه کلاه را بر سر گذاشت و تأثیر باقیماندهٔ آن حدود چهل ثانیه شد. سپس، آنها مدت زمان استفاده از دستگاه را تا بیست دقیقه افزایش دادند و انتظار داشتند تأثیر باقیمانده حداکثر به هفت دقیقه برسد. اما در کمال شگفتی به یک ساعت رسید.

شریل شروع به شوخی و خودنمایی می‌کند. «دوباره می‌توانم مثل یک زن راه بروم. این احتمالاً برای اکثر مردم مهم نیست، اما برای من خیلی مهم است که دیگر لازم نیست با پاهای کاملاً باز راه بروم.» سپس، از روی صندلی بلند می‌شود و پایین می‌پرد. خم می‌شود و چیزهایی را از روی زمین برمی‌دارد تا نشان دهد که می‌تواند دوباره راست بایستد و بعد می‌گوید: «دفعهٔ پیش که این کار را کردم توانستم در زمان باقیمانده طناب‌بازی کنم.»

یوری می‌گوید: «جالب این است که او تنها موقعیت قرار گرفتن خود را حفظ نمی‌کند. بعد از چند بار استفاده از دستگاه، تقریباً رفتار عادی پیدا کرده است مانند حفظ تعادل روی یک میله و رانندگی‌کردن. این بازیافتن عملکرد وستیبولار است. وقتی سرش را تکان می‌دهد، می‌تواند تمرکزش را روی هدف حفظ کند– رابطهٔ بین حس بینایی و سیستم وستیبولار هم بهبود یافته است.»

سرم را بلند می‌کنم و می‌بینم او با باخی ریتا می‌رقصد. شریل او را هدایت می‌کند.

چگونه شریل می‌تواند بدون دستگاه برقصد و به زندگی عادی خود بازگردد؟ باخی ریتا فکر می‌کند دلایل متعددی وجود دارند. یکی اینکه سیستم وستیبولار آسیب‌دیده‌اش پارازیت دارد، به هم ریخته است و به‌طور تصادفی سیگنال‌هایی می‌فرستد. بنابراین، پارازیت‌های بافت آسیب‌دیده جلوی سیگنال‌های بافت سالم را می‌گیرد. این دستگاه کمک می‌کند سیگنال‌های بافت سالم تقویت شوند. باخی ریتا همچنین فکر می‌کند این دستگاه کمک می‌کند روش‌های دیگری هم به‌کار گرفته شوند؛ اینجا است که انعطاف‌پذیری عصبی وارد می‌شود. سیستم مغز از راه‌های عصبی متعدد یا سلول‌های عصبی زیادی تشکیل شده است که به هم مرتبط‌اند و با هم کار می‌کنند. اگر بعضی از راه‌های اصلی مسدود شود، مغز از راه‌های قدیمی‌تر استفاده می‌کند و آنها را دور می‌زند. باخی ریتا می‌گوید: «من این‌طور به ماجرا نگاه می‌کنم. اگر از اینجا به سمت میلواکی حرکت کنی و پل اصلی بسته باشد، اول نمی‌توانی کاری بکنی و فلج می‌شوی. بعد به سراغ راه‌های فرعی که از زمین‌های کشاورزی می‌گذرد می‌روی. بعد، همین‌طور که بیشتر و بیشتر از این راه‌ها استفاده می‌کنی، راه‌های کوتاه‌تری برای رسیدن به مقصد پیدا می‌کنی و کم کم سریع‌تر به مقصد می‌رسی.» این راه‌های عصبی فرعی به تدریج آشکار گردیده و بر اثر استفاده، قوی‌تر می‌شوند. اغلب تصور می‌شود که این «آشکار شدن» یکی از راه‌های اصلی برای سازمان‌دهی مجدد مغز انعطاف‌پذیر است.

این واقعیت که شریل به‌تدریج زمان تأثیر باقیمانده را افزایش می‌دهد، نشان‌دهندهٔ آن است که راه‌های آشکارشده، در حال قوی‌ترشدن هستند. باخی ریتا امیدوار است شریل با تمرین بتواند مدت زمان تأثیر باقیمانده را باز هم افزایش دهد.

چند روز بعد، یک ایمیل از شریل به‌دست باخی ریتا رسید که نشان می‌داد تأثیر باقیمانده چقدر طول کشیده است. «کل زمان تأثیر باقیمانده: ۳ ساعت و ۲۰ دقیقه. . . لرزش‌ها در سرم شروع می‌شود، درست مثل همیشه. . . در پیداکردن کلمات مشکل دارم. . . احساس شناوری در سرم. . . خسته، درمانده. . . افسرده.»

یک داستان سیندرلای دردناک. خارج‌شدن از حالت عادی بسیار دشوار است. وقتی این اتفاق می‌افتد، شریل حس می‌کند مرده است، به زندگی برگشته و بعد، دوباره مرده است. از طرف دیگر، سه ساعت و بیست دقیقه بعد از تنها بیست دقیقه استفاده از دستگاه یعنی تأثیر باقیمانده‌ای ده برابر بیشتر از زمانی که با دستگاه سپری شده است. شریل اولین

لرزانی است که تاکنون مورد معالجه قرار گرفته است و حتی اگر زمان تأثیر باقیمانده افزایش پیدا نکند، او می‌تواند چهار بار در روز از آن استفاده کند و یک زندگی طبیعی داشته باشد. اما دلایل خوبی وجود دارد که انتظاری بیشتر از این داشته باشیم، چون به‌نظر می‌رسد هر جلسه استفاده از دستگاه به او می آموزد که زمان باقیمانده را افزایش دهد. اگر این حالت ادامه پیدا کند. . .

. . . این حالت ادامه پیدا کرد و سال بعد، شریل برای رسیدن به آرامش بیشتر و افزایش‌دادن تأثیر باقیمانده، بیشتر و بیشتر از دستگاه استفاده کرد. زمان تأثیر باقیماندهٔ او به چند ساعت، چند روز و بعد به چهار ماه رسید. حالا او دیگر از دستگاه استفاده نمی‌کند و خودش را یک فرد لرزان نمی‌داند.

در سال ۱۹۶۹، مجلهٔ نیچر، برترین مجلهٔ علمی اروپا، مقالهٔ کوتاهی منتشر کرد که حال و هوای علمی– تخیلی داشت. نویسندهٔ اصلی آن، پل باخی ریتا بود و دو نویسندهٔ همکار داشت که یکی از آنها دانشمندی در زمینهٔ علوم پایه و دیگری پزشک توان‌بخشی بود (یک تیم فوق‌العاده و کم‌نظیر). این مقاله دستگاهی را توصیف می‌کرد که به افراد نابینا متولد شده، قدرت بینایی می‌داد. همهٔ این افراد شبکیه‌های آسیب‌دیده داشتند و کاملاً غیرقابل‌درمان بودند.

در روزنامه‌های نیویورک تایمز، نیوزویک و لایف به مقالهٔ نیچر نه به‌عنوان یک مقاله که یافته‌های تازه‌ای دارد بلکه به‌عنوان مقاله‌ای که ادعاهای غیرمحتمل دارد، اشاره شد. بنابراین، طولی نکشید که این دستگاه و مخترعش فراموش شدند. همراه مقاله، دستگاه عجیبی بود– یک صندلی دندانپزشکی قدیمی با پشتی لرزنده، دسته‌ای سیم به هم پیچیده و کامپیوترهایی بزرگ. کل این ابتکار که از بخش‌های زاید و با علم الکترونیک دهه ۱۹۶۰ سرهم شده بود، حدود ۱۸۲ کیلوگرم وزن داشت.

یک فرد نابینای مادرزاد– کسی که تجربهٔ بینایی نداشت– روی صندلی می‌نشست، پشت یک دوربین بزرگ به اندازهٔ دوربین‌هایی که آن زمان در استودیوهای تلویزیونی استفاده می‌شد. او با چرخاندن دسته‌هایی که دوربین را حرکت می‌داد، منظره‌ای را می‌دید که سیگنال‌های الکتریکی را به کامپیوتری که آنها را پردازش می‌کرد، می‌فرستاد. بعد این سیگنال‌ها به چهارصد محرک لرزان منتقل می‌شدند که به صورت ردیفی روی صفحه‌ای فلزی و درون پشتی صندلی طوری جاسازی شده بودند که محرک‌ها در مجاورت پوست

فرد نابینا قرار می‌گرفتند. محرک‌ها مثل پیکسل‌هایی عمل می‌کردند که برای بخش‌های تیره می لرزیدند و در برابر رنگ‌های روشن‌تر ثابت می‌ماندند. این دستگاه که «لمسی-بصری[1]» خوانده می‌شد، به افراد نابینا اجازه می‌داد بخوانند، صورت‌ها و سایه‌ها را تشخیص دهند و دریابند چه اشیایی نزدیک و چه اشیایی دورتر هستند. این دستگاه به آنها اجازه می‌داد مناظر را کشف کنند و ببینند چگونه با نگاه‌کردن از زوایای مختلف، شکل اشیا تغییر می‌کند. شش شرکت‌کننده در این آزمایش توانستند اشیایی مثل تلفن را حتی وقتی از پشت یک گلدان به آن نگاه می‌کردند، تشخیص دهند. آنها در این آزمایش که در دهه ۱۹۶۰ انجام شد، حتی توانستند تصویر مدل‌های زیبای آن زمان را هم تشخیص دهند.

با کمی تمرین، شرکت‌کنندگان نابینا کم‌کم توانستند فضای مقابل‌شان را به صورت دو بُعدی تجربه کنند. اگر کسی توپی را به سمت دوربین می‌انداخت، شرکت‌کننده به‌طور خودکار عقب می‌پرید تا توپ به او برخورد نکند. اگر صفحهٔ محرک‌های لرزنده از پشت‌شان به شکم‌شان منتقل می‌شد، باز هم شرکت‌کننده‌ها می‌توانستند اتفاقات جلوی دوربین را درک کنند. اگر در نزدیکی، محرک‌ها آنها را غِلغِلک می‌دادند، آن را با محرک‌های بصری اشتباه نمی‌گرفتند. تجربهٔ ادارکی ذهنی آنها نه در سطح پوست، بلکه در دنیای واقعی اتفاق می‌افتاد و درک‌شان پیچیده بود. شرکت‌کنندگان با تمرین، می‌توانستند دوربین را حرکت دهند و جملاتی مثل این را بگویند «این بتی است. موهایش امروز باز است و عینک ندارد؛ دهانش باز است و دارد دست راستش را از سمت چپ به پشت سرش می‌برد.» درست است که دقت تصویر اغلب کم است، اما همان‌طور که باخی ریتا می‌گوید، لازم نیست دید کامل باشد تا آن را دید بنامیم. او می‌گوید: «وقتی در یک خیابان مه‌آلود قدم می‌زنیم و طرح کلی یک ساختمان را می‌بینیم، آیا می‌توان گفت به‌خاطر واضح نبودن، آن را کمتر می‌بینیم؟ وقتی چیزی را به صورت سیاه و سفید می‌بینیم، آیا به‌خاطر رنگی‌نبودن، دید ما کمتر است؟»

این دستگاه که یکی از اولین کاربردهای موفقیت‌آمیز انعطاف‌پذیری عصبی بود (تلاش برای استفاده از یک حس به‌جای حس دیگر)، به‌خاطر تفکر، علمی غالب آن زمان مبنی بر ثابت بودن مغز و تغییرناپذیری حواس، مورد بی‌توجهی قرار گرفت. به این طرز تفکر،

1. Tactile-vision

که هنوز هم پیروان بسیاری دارد، «موضع‌یابی کارکردی مغز[1]» می گفتند. بر اساس این تفکر، مغز مانند یک دستگاه پیچیده از بخش‌هایی تشکیل شده است که هر کدام عملکرد ذهنی خاصی دارند و به لحاظ ژنتیکی در موضع مشخص و ثابتی قرار می‌گیرند. از این رو، انعطاف‌پذیری جایی در این شیوه تفکر ندارد.

از همان ابتدای مطرح‌شدن این تفکر در قرن هفدهم، ایدهٔ «مغزِ دستگاه مانند» علوم عصبی را هدایت کرد، تحت‌تأثیر قرار داد و جایگزین مفاهیم عرفانی در مورد روح و بدن شد. دانشمندان، تحت‌تأثیر اکتشافات گالیله (۱۵۶۴–۱۶۴۲) که نشان داد سیارات را می‌توان هیئت‌های بی‌جانی در نظر گرفت که با نیروی مکانیکی به حرکت در می‌آیند، باور کردند که کل طبیعت با تأثیرپذیری از قوانین فیزیک به شکل یک ساعت کیهانی بزرگ عمل می‌کند و کم‌کم به ارائهٔ تعاریف مکانیکی از موجودات زنده از جمله اندام‌های بدن پرداختند. در نتیجه، این ایده که کل طبیعت یک مکانیسم بزرگ است و اندام‌های ما مثل دستگاه هستند، جایگزین ایده دوهزار ساله‌ی یونانی شد که کل طبیعت و همچنین اندام‌های بدن را یک ارگانیسم زنده می‌دانست. اما اولین دستاورد این «زیست‌شناسی مکانیکی» جدید، دستاوردی درخشان و اصیل بود.

ویلیام هاروی (۱۵۷۸–۱۶۵۷) که در پادوای ایتالیا (همان جایی که گالیله سخنرانی می‌کرد) مشغول مطالعهٔ آناتومی بود، کشف کرد که چگونه خون درون بدن می‌چرخد و نشان داد عملکرد قلب مثل یک پمپ است. به زودی بسیاری از دانشمندان تصور کردند که اگر توضیحی بخواهد علمی باشد، باید مکانیکی باشد– یعنی مطابق قوانین مکانیکی حرکت. فیلسوف فرانسوی رنه دکارت (۱۵۹۶–۱۶۵۰) به پیروی از هاروی، استدلال کرد که مغز و سیستم عصبی هم عملکردی مانند پمپ دارند. او اعتقاد داشت اعصاب لوله‌هایی هستند که از اعضای بدن تا مغز و برعکس، کشیده شده‌اند. دکارت اولین کسی بود که در مورد واکنش‌های غیرارادی نظریه‌پردازی کرد؛ او معتقد بود زمانی که پوستِ یک نفر لمس می‌شود، ماده‌ای مایع‌مانند در لوله‌های عصبی به سمت مغز می‌رود و به صورت مکانیکی بر اعصاب تأثیر می‌گذارد تا ماهیچه‌ها حرکت کنند. دانشمندان خیلی زود در برابر این ایده عکس‌العمل نشان دادند و استدلال کردند آنچه درون اعصاب جریان دارد،

1. Localizationism

نوعی مایع نیست بلکه جریان الکتریکی است. نظر دکارت در تشبیه مغز به یک دستگاه پیچیده در نهایت منجر به شکل‌گیری نظریه مغز به مثابه کامپیوتر و موضع‌یابی کارکردی مغز شد و این باور حاکم شد که مغز مثل یک دستگاه متشکل از اجزایی است که در مکانی از قبل مشخص‌شده قرار دارند و هر جزء عملکرد خاصی دارد. اگر یکی از اجزا آسیب ببیند، کاری برای جایگزین‌کردن آن نمی‌توان انجام داد زیرا دستگاه مغز نمی‌تواند اجزای جدیدی تولید کند.

پس از مدتی، ایده موضع‌یابی کارکردی مغز به حیطه حواس نیز راه یافت. گفته می‌شد که حواس ما (بینایی، شنوایی، چشایی، لامسه، بویایی و تعادل) یک سلول دریافت‌کننده دارد که متخصص ردیابی انواع مختلف انرژی در اطراف ما است. وقتی این سلول تحریک می‌شود، از طریق اعصاب، سیگنالی الکتریکی به منطقه مخصوص پردازش آن حس در مغز می‌فرستد. اغلب دانشمندان باور داشتند این مناطق مرزی آن قدر تخصصی هستند که هیچ منطقه‌ای نمی‌تواند کار منطقه دیگر را انجام دهد.

پل باخی ریتا، در حالی که تقریباً از همکارانش جدا شده بود، ایده موضع‌یابی کارکردی مغز را رد کرد. او دریافت حواس انسان ماهیت انعطاف‌پذیری دارد و زمانی که یکی آسیب ببیند، حس دیگر می‌تواند جایگزین شود. او این روند را «جایگزینی‌حسی» نامید و راه‌هایی برای برانگیختن جایگزینی‌حسی و دستگاه‌هایی که به ما «حواس برتر» می‌دهند، ابداع کرد. باخی ریتا با کشف اینکه سیستم عصبی می‌تواند خود را با دیدن به وسیله دوربین به جای شبکیه چشم تطبیق دهد، زمینه را برای بزرگ‌ترین امیدواری در نابینایان فراهم کرد: کاشت شبکیه، که می‌توان با عمل جراحی آن را در چشم قرار داد.

باخی ریتا برخلاف سایر دانشمندان که فقط در یک زمینه کار می‌کنند، در زمینه‌های زیادی تخصص دارد- پزشکی، داروشناسی عصبی[1]، فیزیولوژی عصبی چشمی[2] (مطالعه ماهیچه‌های چشم)، فیزیولوژی عصبی بینایی[3] (مطالعه بینایی و سیستم عصبی) و مهندسی پزشکی زیستی[4]. او هر ایده‌ای را که به ذهنش برسد پیگیری می‌کند؛ به پنج زبان صحبت می‌کند و به مدت طولانی در ایتالیا، آلمان، فرانسه، مکزیک، سوئد و آمریکا زندگی

1. psychofarmacology
2. Ocular neurophysiology
3. Visual neurophysiology
4. Biomedical engineering

کرده‌است. او در آزمایشگاه با دانشمندان برجسته و برندگان جایزه نوبل کار کرده است، اما هیچ‌گاه به چیزی که دیگران فکر می‌کنند، اهمیت نداده و درگیر بازی‌های سیاسی که بسیاری از دانشمندان برای پیشرفت انجام می‌دهند، نشده است. او بعد از گرفتن مدرک پزشکی، وارد کار طبابت نشد و سراغ تحقیقات پایه رفت. او پرسش‌هایی را مطرح می‌کرد که به‌نظر می‌رسید خلاف عقل سلیم باشد، مثلاً «آیا چشم برای دیدن، گوش برای شنیدن، زبان برای چشیدن و بینی برای بوئیدن لازم است؟» و بعد، زمانی که چهل‌وچهار سال داشت و ذهنش بی‌قرارتر از همیشه بود، دوباره سراغ پزشکی و گرفتن تخصص در یکی از کسل‌کننده‌ترین شاخه‌ها یعنی توان‌بخشی[1] رفت. هدفش این بود که با استفاده از آنچه در مورد انعطاف‌پذیری مغز یاد گرفته بود، یک مرداب فکری را تبدیل به علم کند.

باخی ریتا انسانی فوق‌العاده بی‌ادعا و متواضع است. عاشق کت‌وشلوارهای پنج دلاری است و لباس‌های «ارتش رستگاری[2]» را می‌پوشد، البته هر وقت همسرش به او اجازه دهد. خودش یک ماشین دوازده ساله زهوار دررفته دارد و همسرش یک پاسات مدل جدید. سرش پوشیده از موهای درشت و حالت‌دار خاکستری است، نرم و سریع صحبت می‌کند، پوست تیره یک مرد مدیترانه‌ای با اجداد اسپانیایی و یهودی را دارد و بسیار جوان‌تر از شصت‌ونه سال به‌نظر می‌رسد. بسیار متفکر است اما در رابطه با همسرش، ایستر که زنی مکزیکی با اصالت مایایی است، با شور و حرارت مردانه برخورد می‌کند. او عادت کرده است یک خارجی باشد. در برانکس (واقع در نیویورک) بزرگ شده است و زمانی که وارد دبیرستان شد به علت یک بیماری ناشناخته‌ای که هشت سال جلوی رشدش را گرفت، قدش تنها ۱۴۷ سانتی‌متر بود و دو بار هم تست‌های اولیه سرطان خونش مثبت اعلام شد. او هر روز مورد ضرب و شتم دانش‌آموزان بزرگ‌تر مدرسه قرار می‌گرفت و در آن سال‌ها، آستانه تحمل دردش تا حد زیادی بالا رفت. در دوازده سالگی آپاندیسش ترکید و بیماری مرموزش که نوع نادری از بیماری آپاندیس مزمن بود، به درستی تشخیص داده شد. ۲۰ سانتی‌متر قد کشید و اولین مبارزه زندگی‌اش را برد.

ما در مدیسون، ویسکانسین در حال رانندگی هستیم، اینجا خانه او است (البته زمانی

---

1. Rehabilitation medicine

۲. کلیسایی پروتستانی که به خاطر مغازه‌های ارزان و کارهای خیرخواهانه‌اش معروف است. ارتش رستگاری در حال حاضر یک حرکت نیکوکارانه جهانی است. مترجمان.

که در مکزیک نیست). در او هیچ اثری از خودنمایی نیست و پس از ساعت‌ها صحبت، تنها یک جمله که اندکی حالت خودستایی دارد از لبانش خارج می‌شود. با لبخند می‌گوید: «من می‌توانم همه‌چیز را به هم ربط دهم» و اضافه می‌کند:»ما با مغزمان می‌بینیم نه با چشم‌مان.»

این نظر برخلاف نظرات رایج در جامعه است که ما با چشم می‌بینیم، با گوش می‌شنویم، با زبان می‌چشیم، با بینی بو می‌کنیم و با پوست حس می‌کنیم. چه کسی این واقعیت‌ها را به مبارزه می‌طلبد؟ اما برای باخی ریتا، چشم‌های ما تنها تغییرات انرژی نور را حس می‌کنند، این مغز ما است که درک می‌کند و در نتیجه، می‌بیند.

نحوه واردشدن یک احساس به مغز برای باخی ریتا مهم نیست. «زمانی که یک مرد نابینا از عصا استفاده می‌کند، آن را عقب و جلو می‌برد، تنها از یک نقطه، سر عصا، اطلاعات را از طریق گیرنده‌های پوست دستش منتقل می‌کند. اما همین عقب و جلو بردن به او می‌گوید که دَر یا صندلی کجا است. بعد، او از همین اطلاعات استفاده می‌کند تا به سمت صندلی برود و بنشیند. با وجود اینکه حس‌گرهای دستش وسیله دریافت اطلاعات و محل اتصال او و عصا است، چیزی که به صورت ذهنی درک می‌کند فشار عصا بر دستش نیست بلکه طرح کلی اتاق است: صندلی‌ها، دیوارها، فضای سه‌بعدی. حس‌گر واقعی در سطح دست تبدیل به یک دستگاه تقویت‌کننده اطلاعات می‌شود.»

باخی ریتا نشان داد که پوست و دریافت‌کننده‌های لمسی آن می‌توانند جایگزین شبکیه شوند، چون هم پوست و هم شبکیه صفحه‌هایی دوبُعدی هستند که با دریافت‌کننده‌های حسی پوشیده شده‌اند و اجازه می‌دهند یک «تصویر» شکل بگیرد.

اگر مغز بتواند خود را مجدداً سازمان‌دهی کند، «موضع‌یابی کارکردی مغز» نمی‌تواند تصویر درستی از آن ارائه کند. در ابتدا، حتی باخی ریتا هم، تحت تأثیر دستاوردهای عظیم این ایده بود. حالت جدی این ایده ابتدا در سال ۱۸۶۱ ارائه شد، زمانی که پل بروکا، که جراح بود، یکی از بیماران‌اش سکته مغزی کرده و توانایی صحبت‌کردن را از دست داده بود و تنها یک کلمه را بر زبان می‌آورد: «تن، تن.» پس از مرگ، بروکا مغز او را تشریح کرد و بافتی آسیب‌دیده در جلوی نیمکره چپ مشاهده کرد. افراد شکاکی که نمی‌پذیرفتند زبان می‌تواند در یک قسمت مغز جای داشته باشد هم پس از اینکه بروکا بافت آسیب‌دیده را به آنها نشان داد و سپس، بیماران دیگری گزارش شدند که توانایی صحبت را از دست

داده بودند و در همان محل هم دچار آسیب‌دیدگی شده‌بودند، قانع شدند. این قسمت از مغز به «ناحیه بروکا» معروف شد و تصور می‌شد حرکات ماهیچه‌های لب و زبان را هماهنگ می‌کند. کمی بعد از آن، پزشک دیگری به نام کارل ورنیکه آسیب‌دیدگی در قسمتی از پشت مغز را با مشکل دیگری ربط داد: ناتوانی در درک زبان. ورنیکه پیشنهاد کرد که مناطق آسیب‌دیده مسئول نمود ذهنی کلمات و درک آنها هستند. این منطقه هم به «ناحیه ورنیکه» معروف شد. در طی صد سال بعد، با تحقیقات جدیدی که نقشه مغز را اصلاح می‌کرد، موضع‌یابی کارکردی مغز تخصصی‌تر شد.

با این حال، متاسفانه، موارد استفاده از موضع‌یابی کارکردی مغز خیلی زود دچار مبالغه و اغراق شد. از یک سری ارتباطات جالب توجه (مشاهداتی مبنی بر اینکه آسیب به بخش خاصی از مغز منجر به از دست دادن عملکردهای ذهنی خاص می‌شود) به یک نظریه کلی تبدیل شد که می‌گفت هر عملکرد مغز تنها یک مکان ثابت دارد. «یک عملکرد؛ یک موضع.» به این معنا که اگر یک بخش آسیب ببیند، مغز نمی‌تواند خود را دوباره سازمان‌دهی کند یا آن عملکرد از دست رفته را دوباره به دست آورد.

دورانی تاریک برای انعطاف‌پذیری آغاز شد و هر ایده‌ای که در مقابل قانون «یک عملکرد، یک موضع» مطرح می‌شد، به‌سرعت رنگ می‌باخت. در سال ۱۸۶۸، جولز کوتارد در مورد کودکانی تحقیق کرد که دچار نوعی بیماری مغزی عمده بودند که بر اثر آن نیمکره چپ مغز (که ناحیه بروکا در آن است) تحلیل می‌رفت. با این حال، این کودکان می‌توانستند مثل افراد عادی صحبت کنند. این کشف به این معنا بود که حتی اگر طبق گفته بروکا، گفتار در نیمکره چپ پردازش شود، ممکن است مغز آن قدر انعطاف‌پذیری داشته باشد که در صورت لزوم، خود را دوباره سازمان‌دهی کند. در سال ۱۸۷۶ اتو سالتمن قشرحرکتی[1] در مغز نوزادان سگ و خرگوش را برداشت– بخشی که تصور می‌شود مسئول حرکت باشد، اما دریافت که آنها باز هم می‌توانند حرکت کنند.

باخی ریتا در اوایل دهه ۱۹۶۰، زمانی که در آلمان بود به‌تدریج به موضع‌یابی کارکردی مغز شک کرد. او به گروهی پیوسته بود که نحوه دیدن را به وسیله اندازه‌گیری با تخلیه الکتریکی الکترودها در منطقه پردازش بینایی در مغز گربه، مطالعه می‌کردند. این گروه

1. Motor cortex

انتظار داشتند زمانی که به گربه تصویری نشان می‌دهند، الکترودهای منطقه پردازش بینایی سیگنال الکتریکی بفرستند تا نشان دهد در حال پردازش تصویر هستند و همین‌طور هم شد. اما وقتی به‌طور اتفاقی ضربه‌ای به پنجه‌ی گربه زده شد، منطقه بینایی نیز سیگنالی فرستاد که نشان می‌داد این منطقه تماس را هم پردازش می‌کند و آنها کشف کردند زمانی که گربه صدایی می‌شنود، باز هم منطقه بینایی‌اش فعال است.

باخی ریتا به فکر فرو رفته بود که ایده «یک عملکرد، یک موضع» نمی‌تواند درست باشد. منطقه «بینایی» گربه حداقل دو عملکرد دیگر، تماس و صدا را هم پردازش می‌کرد. او کم‌کم به این نتیجه رسید که بسیاری از بخش‌های مغز «چندحسی[1]» هستند- یعنی مناطق حسی آنها می‌تواند سیگنال‌های ارسالی از سوی بیش از یک حس را پردازش کنند.

این حالت می‌تواند به این دلیل باشد که همه دریافت‌کننده‌های حواس ما انواع مختلفی از انرژی دنیای بیرون را بدون توجه به منبع آنها، به الگوهای الکتریکی تبدیل می‌کنند که از طریق اعصاب منتقل می‌شود. این الگوهای الکتریکی، زبان جهانی است که در درون مغز با آن «صحبت می‌شود»- هیچ تصویر بصری، صدا، بو یا احساسی در درون سلول‌های عصبی وجود ندارد. باخی ریتا دریافت مناطقی که این تکانه‌های الکتریکی را پردازش می‌کنند، بسیار یک‌دست‌تر از آن هستند که دانشمندان تصور می‌کنند و وقتی ورنون مونتکسل، عصب‌شناس، کشف کرد که همه قشرهای حسی، شنوایی و بینایی ساختار پردازش‌کننده شش لایه‌ای مشابه دارند، این ایده در او تقویت شد. برای باخی ریتا این کشف به این معنا بود که هر بخش از قشر مخ[2] باید بتواند هر سیگنال الکتریکی که برایش فرستاده می‌شود را پردازش کند و واحدهای مغز ما آن قدر هم تخصصی نیستند که یک واحد نتواند کار واحدهای دیگر را انجام دهد.

چند سال بعد، باخی ریتا شروع به مطالعه استثناهای «موضع‌یابی کارکردی مغز» کرد. او با استفاده از دانش خود در مورد زبان‌های دیگر، شروع به کاوش در کتاب‌های علمی قدیمی‌تر و ترجمه‌نشده کرد و تحقیقاتی را که قبل از ایده «موضع‌یابی کارکردی مغز» مطرح شده بودند دوباره بررسی نمود. او کارهای ماری ژان پیر فلورانس را که در دهه ۱۸۲۰ نشان داده بود مغز می‌تواند خود را از نو سازمان‌دهی کند و همچنین کارهای بروکا

1. Polysensory
2. Cortex

به زبان فرانسه را که بسیار به آن ارجاع داده می‌شد اما کمتر ترجمه شده بود را مطالعه کرد و دریافت حتی بروکا هم راه انعطاف‌پذیری را مانند پیروانش بسته تصور نکرده است.

چهل سال پیش، درست زمانی که امپراطوری «موضع‌یابی کارکردی مغز» به نهایت گسترش خود رسیده بود، باخی ریتا اعتراض خود را شروع کرد. او به‌دستاوردهای «موضع‌یابی کارکردی مغز» احترام می‌گذاشت اما استدلال می‌کرد که «شواهد زیادی نشان می‌دهند مغز هم انعطاف‌پذیری حرکتی و هم انعطاف‌پذیری حسی[1] دارد.» یکی از مقالاتش شش بار در مجله‌های مختلف رد شد، نه به‌خاطر اینکه اختلاف نظری در مدارکش وجود داشت بلکه به دلیل اینکه جرأت کرده بود اصطلاح «انعطاف‌پذیری» را در عنوان مقاله‌اش قرار دهد. پس از اینکه مقاله «نیچر» او بیرون آمد، استاد مورد علاقه‌اش، رگنار گرینت که جایزه نوبل فیزیولوژی را در سال ۱۹۶۵ به‌خاطر کار روی شبکیه به‌دست آورده بود و شرایط را برای چاپ رساله پزشکی باخی ریتا فراهم کرده بود، او را به نوشیدن چای دعوت کرد. گرینت از همسرش خواست اتاق را ترک کند و پس از تقدیر از کارهای باخی ریتا در مورد ماهیچه‌های چشم، از او پرسید چرا وقتش را با «آن اسباب‌بازی بزرگسالان» هدر می‌دهد. با این حال، باخی ریتا به راهش ادامه داد و با نوشتن چندین کتاب و صدها مقاله، شروع به ارائه شواهدی مبنی بر انعطاف‌پذیری مغز و ساختن نظریه‌ای در مورد نحوه عمل آن کرد.

با اینکه توصیف انعطاف‌پذیری مغز به صورت یکی از مهم‌ترین علایق پژوهشی باخی ریتا درآمد، اما کار اختراع دستگاه‌های جایگزینی حسی[2] را ادامه داد. او با مهندسان همکاری می‌کرد تا دوربینش را برای نابینایان کوچک‌تر کند. دوربینی که زمانی به اندازه یک چمدان بود را به اندازه‌ای کوچک کرد که نابینایان می‌توانستند آن را به فریم عینک وصل کنند.

او همچنین روی اختراعات «جایگزینی حسی» دیگر هم کار کرد. او از ناسا بودجه‌ای دریافت کرد تا یک دستکش الکترونیکی «حس‌گر» برای فضانوردان بسازد. دستکش‌های فضایی موجود آن قدر کلفت بودند که برای فضانوردان دشوار بود اجسام کوچک را حس کنند یا حرکات ظریف انجام دهند. بنابراین، او روی بخش خارجی دستکش‌ها،

1. Motor and sensory plasticity
2. Sensory-substitution device

حس‌گرهایی قرار داد که سیگنال‌های الکتریکی به‌دست می‌فرستادند. او از چیزهایی که در طی ساخت دستکش یاد گرفته بود، استفاده کرد و دستکشی ساخت تا به افراد مبتلا به جذام کمک کند. بیماری جذام پوست را فلج می‌کند و عصب‌های جانبی را از بین می‌برد. بنابراین، فرد مبتلا به جذام حس دست‌های خود را از دست می‌دهد. این دستکش، مثل دستکش فضانوردان، حس‌گرهایی در قسمت بیرونی دارد و سیگنال‌ها را به بخش سالمی از پوست (جایی به جز دست‌های بیمار) که اعصابش آسیب ندیده است، می‌فرستد. آن پوست سالم تبدیل به دریچه ورود حواس دست می‌شود. سپس، شروع به کار روی دستکش‌هایی کرد که به افراد نابینا اجازه می‌داد صفحه کامپیوتر را بخوانند. او حتی پروژه‌ای برای افراد دچار صدمات نخاعی دارد که بتوانند اوج لذت جنسی را تجربه کنند. این اختراع بر پایه این ایده استوار است که مکان درک لذت جنسی مثل سایر تجربیات حسی در مغز است و می‌توان حس تحریک جنسی را به تکانه‌های الکتریکی تبدیل نمود که به بخش مربوط در مغز منتقل شود.

استفاده‌های بالقوه دیگر از کارهای او، دادن «حواس برتر»، مثل دید مادون قرمز یا دید در شب به انسان‌ها است. او دستگاهی برای»نیروی دریایی عملیات ویژه«آمریکا طراحی کرده است که به آنها کمک می‌کند در زیر آب جهت بدن خود را پیدا کنند و طرحی دیگر که با موفقیت در فرانسه امتحان شد، اجرا کرده است که مکان دقیق چاقوی جراحی را از طریق فرستادن سیگنال‌هایی از حس‌گر الکترونیکی متصل به چاقو، به‌دستگاه کوچکی که به زبان و مغز جراحان متصل است، به آنها نشان می‌دهد.

ریشه شکل‌گیری دیدگاه باخی ریتا در مورد توان‌بخشی مغز در بهبودی معجزه‌آسای پدرش نهفته است. پدر او، شاعر و دانشمند شصت‌وپنج ساله اهل کاتالان در سال ۱۹۵۹ بر اثر سکته مغزی فلج شد و قدرت حرف‌زدن را از دست داد. اما پس از مدتی بهبود یافت.

به جرج، برادر پل که اکنون یک روان‌پزشک در کالیفرنیا است، گفته شد امیدی به بهبودی پدرش نیست. جرج که در آن زمان در مکزیک دانشجوی پزشکی بود، پدرش را از نیویورک، محل زندگی‌اش، به مکزیک آورد تا با او زندگی کند. در ابتدا، جرج می‌خواست کار توان‌بخشی پدرش در بیمارستان امریکن بریتیش که یک برنامه چهارهفته‌ای توان‌بخشی معمولی داشت، انجام شود زیرا هیچ‌کس باور نداشت مغز بتواند