

# مشتاقان حرکت

Category: اخبار, علوم, مطالب این وبگاه

written by admin | می 27, 2011



مطلب برگزیده میزبان این منزلگاه



امید از پس ناامیدی ...

و این نخستین بار است که یک بیمار فلج می‌تواند تنها با ارادهٔ ذهنی، یک بازوی مصنوعی را به حرکت درآورد ...

متیو، مردی جوان که تهریشی دارد و دایم لمس و بی‌حرکت روی یک صندلی نشسته، قربانی درگیریِ ناخواسته در دعا و چاقوکشیِ اوپاش است:

“من می‌خوام دوباره راه برم؛ یا دست‌کم بتونم صندلی چرخ‌دارم رو خودم هدایت کنم ... برای من این قدمِ اوّل و حتماً راه خودم رو ادامه می‌دم.”

از: دیوید ایوینگ دانکن

ترجمهٔ آزاد از: فرزین آقازاده

“تپ-تپ، ترق تروق، پاپ ...؛ این صدای مغز است که به‌گوش می‌رسد. مثل اینکه این مغز در حال صحبت کردن با ماست اما به زبانی که فهم آن دشوار است. میلیونها یاختهٔ عصبی آن وقتی که فعال می‌شوند، انگار همه با هم آوازی سر داده‌اند که نوای آن به گوش ما مثل خُش‌خُشِ رادیو به وقت تنظیم موج آن می‌آید. در این شلوغ‌یلوغی یک دفعه صدای پاپِ بلندی شنیده می‌شود ... و دوباره و دوباره ... واقعاً که چه معرکه‌ای است! ...”

مغزی که سروصدای آن به‌گوش می‌رسد، از آن مردی جوان است که تهریشی دارد و دایم لمس و بی‌حرکت روی یک صندلی نشسته. او قربانی درگیریِ ناخواسته در دعا و چاقوکشیِ اوپاش است. بلایی که سه سال و نیم پیش\* بر سرش آمده و از آن زمان از ناحیهٔ گردن به پایین فلج شده است. اکنون او مجبور است مدام صدای قُل‌قُلِ دستگاه تنفس مصنوعی را در گوش خود تحمل کند. «متیو نگل»<sup>1</sup> جوان 25 ساله‌ای است که روزی ستارهٔ تیم فوتبال دبیرستان خود در شهر «ویمُث»<sup>2</sup> ایالت ماساچوست آمریکا بود و اکنون بی‌حس و ناتوان روی یک صندلی افتاده و در آرزوی این است که شاید بار دیگر ذره‌ای از تواناییهایش را هم که شده بازیابد. پژوهشگران یک قطعهٔ گرد تیتانیومی را روی سر او و در سمت راست فرق سرش کار گذاشته‌اند که حدود نیم اینچ برآمدگی ایجاد کرده است و از آن به‌نحوی که در ادامه خواهد آمد برای کمک به «متیو» استفاده می‌کنند.

اما روز چهارم جولای سال 2001، در یکی از سواحل آمریکا در شهر «ویمُث»، نگل وارد دعوائی شد که فقط مختصری از خاطرهٔ بد آن را به یاد دارد. مشت‌های گره‌کرده‌ای که به سر و صورت دوستش خورده بود و اینکه فریادی شنیده بود که کسی داشت وجود یک چاقو را هشدار می‌داد و بعد هم ناگهان دنیا پیش چشمش تیره و تار شده بود. پدر او یک کارآگاه پلیس است. همان شب از ادارهٔ پلیس با او تماس گرفتند و گفتند پسرش در حال مرگ است. تیغهٔ بیست سانتی‌متری چاقو در ناحیهٔ گردن وی به نخاعش آسیب فراوانی وارد کرده بود. به هرحال او زنده ماند اما این درگیری وحشیانه به قیمت از دست دادن توانایی حرکت برایش تمام شد و امروز بی‌حس و فلج مجبور است مدام در گوشه‌ای بماند و زندگی‌اش وابسته به دستگاه تنفس مصنوعی است. «نگل» دو- سه سال این وضع اسف‌بار را تحمل کرد تا دست‌آخر رضایت داد که چند آزمایش روی او انجام گیرد شاید که تغییری در وضعیتش حاصل شود. این آزمایشها با این هدف انجام می‌شد که بدانند آیا ممکن است انسانی بتواند از طریق اتصال مغز به رایانه اشاره‌گر را روی صفحهٔ نمایشگر رایانه حرکت دهد یا نه؟

پژوهشگران به منظور انجام این آزمایشها، قطعه‌ای تیتانیومی را با عمل جراحی در سطح جمجمه‌ی او فروبرده‌اند. برآن قطعه، تراشه‌ای سوار شده و بر آن تراشه نیز چند ردیف الکتروود مرتب شده است که این الکتروودها به بخش فرماندهی فعالیت‌های حرکتی در مغز وی متصل‌اند. تراشه مذکور فقط به اندازه‌ی یک قرص آسپیرین بچه است. کار صد الکتروود ظریف و موین این تراشه آن است که نوسانات الکتریکی بسیار ریز بخشی از مغز را که به آن متصل هستند برداشت کنند؛ نوسانهایی که یاخته‌های عصبی به عنوان نشانهایی از خود بیرون می‌فرستند. هر الکتروود مسئول جمع‌آوری نشانهایی چند یاخته‌ی عصبی مجاور یکدیگر است. هر بار که هنگام آزمایش فرا می‌رسد یک دوشاخه‌ی خاکستری رنگ چهار گوش را به پایه‌ی تیتانیومی روی جمجمه‌ی متیو وصل می‌کنند. سر دیگر سیم هم به یک رایانه متصل است. ✖ وقتی که یاخته‌های عصبی مغز او فعال می‌شوند و پیامی از خود گسیل می‌کنند، این پیامها از طریق الکتروودها و سیم رابط به رایانه رفته، در آنجا تحت پردازش یک نرم‌افزار قرار می‌گیرند که عهده‌دار خواندن و ترجمه کردن رمزهای الکتریکی ارسال شده است. اگر نگوییم که رایانه فکر «متیو نگل» را می‌خواند، دست‌کم چند تا از دستورهای ساده‌ای را که مغز او به زبان خاص خود و در قالب پیامهای الکتریکی کوچک بیان می‌کند، می‌فهمد و آنها را ترجمه می‌کند. «نگل» برای کار در مقابل یک دست مصنوعی می‌نشیند. دستی که در اصل برای افرادی درست شده که دچار قطع عضوند و طوری طراحی شده که فرد مزبور بتواند با تکان دادن بخشهای برجای‌مانده‌ی دست قطع‌شده، آن را هدایت کند. اما این بار اندام مصنوعی، نه با جسم، بلکه با نیروی فکر نگل کار می‌کند. هرگاه او پیش خود تصور کند که انگار دارد دست چپش را باز و بسته می‌کند، دست مصنوعی که به کامپیوتر متصل است نیز باز و بسته می‌شود. درست است که نگل فلج شده است، اما یاخته‌های عصبی مغزش و صواب‌بته بخشی که فعالیت‌های حرکتی را زیر فرمان دارد هنوز کاملاً سالم‌اند. پژوهشگران از او می‌خواهند که در ذهن خود این تصور را به وجود آورد که انگار دارد دست خود را حرکت می‌دهد و او چنین می‌کند. این کار موجب برانگیختگی یاخته‌های عصبی مربوطه در بخش حرکتی قشر مخ می‌شود و آن یاخته‌ها از خود نشانهایی الکتریکی گسیل می‌کنند و در پی آن، الکتروودهای کاشته در مغز نگل این نشانه‌ها را دریافت کرده، به رایانه می‌فرستند تا در آنجا رمزگشایی شود؛ رایانه مطابق پیام دریافتی، اندام مصنوعی را وامی‌دارد که انگشت‌های شست و اشاره‌اش را باز و بسته کند.

منافع به کار بردن چنین روشی برای کسانی چون نگل که در اثر صدمات وارده و یا در پی بیماریهای تحلیل‌برنده‌ی دستگاه عصبی، زندانی جسم ناتوان خویش می‌شوند بسیار شگفت می‌نماید. اکنون نگل نخستین انسانی است که توانسته یک اندام مصنوعی را صرفاً با اراده کردن و خواستن به حرکت درآورد.

اما پژوهشگران تواناییهای دیگری نیز به او بخشیده‌اند. «نگل» در اتفاقی که در یک مرکز توانبخشی در جنوب «بُستُن» در اختیار دارد، می‌تواند با تمرکز ذهنی، اشاره‌گر رایانه‌اش را به حرکت درآورد و از این طریق ایملهایش را باز کند و برای دیگران نامه بفرستد و حتی بازیهای ساده انجام دهد و یا تلویزیون را روشن کند و شبکه‌ی دلخواهش را تماشا کند و خلاصه کارهایی بکند که شاید انجام آنها برای اشخاصی که گرفتار فلج اندامها هستند تنها رؤیاهایی دلپذیر بنماید. شاید باورکردنی نباشد که «نگل» همه اینها را تنها با نیروی ذهن خود انجام می‌دهد. این کار شاید آنان که مدتها در دام این بیماری اسیر بوده‌اند را به وجد بیاورد و نور امید را در دلشان زنده کند. دُور و بر نگل در اتاقش پر است از عکسهای دوستان و خانواده‌اش و تیم رؤیایی‌اش «بُستُن رد ساکس»<sup>3</sup> و جشن قهرمانی آنان در مسابقات جهانی سال 2004، و انگار که گرمی خاطرات گذشته و علاقه‌مندیهای امروزش با هم درآمیخته و نگاهش به آینده است و دل به حرفها و دستورات «مریم صالح» می‌سپارد، پژوهشگر ایرانی‌تباری که با نگل کار می‌کند. وی رایانه را با مغز نگل تنظیم می‌کند. آنها پشت وسیله‌ای می‌نشینند که تقریباً به اندازه‌ی یک دستگاه لباسشویی خانگی است و دو صفحه نمایش دارد. یکی برای نگل و یکی هم برای کارشناس فنی. آنها سر جای خود می‌نشینند و با شور و اشتیاق کار می‌کنند. باید گفت که «نگل» به‌راستی کار دشواری پیش رو دارد. جدای از اینکه او نفر اول و به نوعی سدشکن محسوب می‌شود، بی‌شک روش کار پژوهشگران نیز هنوز کامل نیست و نقایصی دارد. از جریان تلاش «نگل» و همکاری‌اش با متخصصانی چون مریم صالح گزارش جالبی نیز تهیه شده که آگاهی از آن خالی از لطف نیست. در این گزارش نگل دیده می‌شود که گویا سرحال نیست و از تلاش و صرف انرژی زیاد برای انجام کارهای ساده با اشاره‌گر رایانه کلافه شده است. او در یک کار تمرینی که یک جور بازی است باید سعی کند که یک کیف پر از پول فراری را با اشاره‌گر بر روی صفحه نمایش تعقیب کند و آن را بگیرد اما با لحنی حاکی از خستگی و غرولندکنان می‌گوید: «امروز دیگه نمی‌تونم بگیرمش؛ حتی نزدیکشم نمی‌تونم بشم.» پس از آن خانم صالح رایانه را طوری تنظیم می‌کند که نگل بتواند شبکه‌های تلویزیون را عوض کند و او نیز با تلاش فراوان موفق به انجام این کار می‌شود. شاید اضطراب ناشی از حضور یک گزارشگر موجب دشواری کار او در آن روز بخصوص بوده است. «جان داناویو»<sup>4</sup>، دانشمند علوم اعصاب از دانشگاه «براون»<sup>5</sup>، که راهبری این طرح پژوهشی را عهده‌دار است، می‌گوید که نگل پیش از آن کارهای بسیار دشواری را نیز انجام داده است و خود نگل هم می‌گوید که روز قبل از گزارش توانسته بوده یک بازوی مصنوعی را خیلی خوب به حرکت درآورد و آن را مانند دست یک انسان معمولی به کار گیرد. او می‌گوید: «اون بازو خیلی خوب کار می‌کرد. من می‌تونستم اون رو به اطراف حرکت بدم.»

«لی هاجپرگ»<sup>6</sup> از عصب‌پزشکان دانشگاه هاروارد و متخصص صدمات وارده به بخش فرماندهی فعالیت‌های حرکتی مغز انسان است؛ درضمن وی یکی از بازرسان ارشد «اداره کل غذا و داروی ایالات متحده آمریکا»<sup>7</sup> در طرحهای تحقیقاتی است. او می‌گوید: «بسیار هیجان‌انگیز و امیدوارکننده است که این روش به این خوبی کار می‌کند.» او در ماه آوریل سال گذشته<sup>8</sup> مجوز آزمایش بر روی پنج بیمار داءطلب را تأیید نمود اما تاکنون تنها کسی که داءطلب شده همان «متیو نگل» است.

به هرروی این فناوری شگفت‌انگیز هنوز ساختاری خام و نیمه‌تمام دارد. رایانه فقط بخش کوچکی از آنچه در مغز نگل می‌گذرد را درمی‌یابد؛ آنجایی که میلیاردها یاخته عصبی ممکن است همگی در یک لحظه فعال شوند و هزاران میلیارد ارتباط میان آنها برقرار شود. علاوه بر این هنوز کاشت قطعات و حسگرها در مغز، کاری تعیین‌کننده و دشوار به شمار می‌رود. آنان‌که با «سنگ رُزتا»<sup>8</sup> و ماجرای رمزگشایی خط هیروگلیف آشنا هستند می‌توانند درک کنند که دانشمندان در این کار با چه نوع چالشی دست‌به‌گریبان‌اند منتها با این تفاوت که بر سنگ رُزتای مغز انسان، با چنان رموز پیچیده عصب‌شناختی

روبرو هستند که دهها و صدها بار دشوارتر از آن خطوط باستانی می‌نماید. به‌راستی که چه طرح بزرگی باید به سرانجام رسد تا بتوانیم پرده از تمام زیر و بم رازآلود سخنان مغز انسان برداریم! کاری که اگر امکان‌پذیر باشد، شاید دست‌کم چند دهه به طول انجامد ...

\*زمان نگارش این متن ماه مارس سال 2005 میلادی است.

## پیشگامان ...

پیش از «نگل» نیز کسانی بوده‌اند که دانشمندان تلاش کرده‌اند مغز آنها را به رایانه متصل کنند. این کار معمولاً مستلزم کاشت وسایلی در مغز فرد مورد آزمایش است. اولین بار «فیلیپ کندی»<sup>9</sup> چنین کاری را بر روی مغز بیمارانش انجام داد. او که متخصص علوم اعصاب است، در اواخر دهه 1990 میلادی این فناوری بدیع را بنیاد نهاد. او تنها دو الکتروود شیشه‌ای در مغز می‌کاشت و طبیعی است که درمقام مقایسه با مجموعه چندین الکتروود مغز «نگل»، نشانکهای گسیل شده بسیار کمتری را نیز می‌توانست جمع‌آوری کند. آزمودگان وی فقط می‌توانستند اشاره‌گر رایانه را به بالا و پایین حرکت دهند. اما گروه پژوهشی «دانا هیو» در فکر آن‌اند که با کمک این فناوری تواناییهای بیشتری را برای نیازمندان آن به ارمان آورند. «دانا هیو» علاوه بر تدریس در دانشگاه، از بنیان شرکتي است که اکنون این فناوری را در اختیار دارد و درحال آزمودن آن است. او و یارانش امیدوارند ظرف مدت پنج سال بتوانند محصول خود را دراختیار بیمارانی بگذارند که دچار فلج گردن به‌پایین هستند. محصولی که می‌توان آن را «وسیله ارتباط با یاخته‌های عصبی از طریق دریچه یا روزنه مغزی»<sup>10</sup> دانست. این وسیله برای هرکس که به نوعی دچار ناتوانی حرکتی شده باشد، می‌تواند مفید باشد. مثلاً کسانی که در پی سکت، و یا ابتلا به «کاهیدگی عضلانی ناشی از تصلب اعصاب نخاعی»<sup>11</sup> (یا همان «بیماری لوگرینگ»<sup>12</sup>) تواناییهای خود را از دست می‌دهند می‌توانند برای بازیابی تمام یا قدری از قدرتهای از دست‌رفته خود از چنین وسیله‌ای بهره ببرند. چشم‌انداز آینده این «دریچه‌های مغزی»، انسانی را نشان می‌دهد که اگر فقط و فقط توان اندیشیدن برایش باقی مانده باشد، بازهم می‌تواند بر صندلی چرخ‌داری نشسته، آن را به حرکت وادارد و بازوها و دستهای مصنوعی را که بر آن صندلی سوار شده، برای انجام کارهایش به‌کار برد. شرکت پژوهشی و صنعتی مذکور که «سایبرکینتیکس»<sup>13</sup> نام دارد، در ماه می 2001 تأسیس شده و کار بر روی دریچه‌های مغزی را از همان زمان شروع کرده است. این شرکت تاکنون 10 میلیون دلار صرف طرح خود کرده است و برای مدت پنج سالی که احتمالاً به طول خواهد انجامید تا کار به سرانجام رسد نیز به حدود 40 تا 50 میلیون دلار دیگر نیاز دارد. نهایتاً این وسیله باید با کارایی مطلوب و کارکرد آسان و تا حدودی خودکار و بی‌سیم به دست بیماران و آسیب‌دیدگان نیازمند آن برسد. ناگفته نماند که قیمت محصول نهایی نیز برای بیمارانی که چشم‌پراه چنین فناوریهای فوق‌العاده‌ای هستند بسیار مهم است. «دانا هیو» خیلی بلندپرواز است. او می‌گوید که شاید «نگل» درآینده بتواند با کمک این روش نوین دوباره راه برود و از دستانش استفاده کند. این کار به‌زعم او با جایگزین کردن ساختار عصبی آسیب‌دیده وی با یک ساختار مصنوعی ساخته‌شده بر مبنای دانش فرمان‌شناسی<sup>14</sup> امکان‌پذیر خواهد بود. شاید تا همین چندسال قبل این چنین ادعاهایی باورنکردنی و تخیلی می‌نمود اما امروز اکثر دانشمندان آنها را محتمل می‌دانند.

## و اما دانشمندان دیگر چه می‌گویند ؟

نظر دانشمندان دریاب آینده این کار مختلف است. برخی از ایشان مرددند و «اندرو شوارتز»<sup>15</sup> از آن جمله است. او در عین حال که احتمال موفقیت روش نوین دانا هیو و یارانش را بسیار می‌داند، بر آن خرده‌هایی نیز می‌گیرد. وی از دانشمندان علوم اعصاب در دانشگاه «پیتسبورگ»<sup>16</sup> است. او می‌گوید: «حرکاتی که ایشان توانسته‌اند ایجاد کنند از ظرافت بی‌بهره است. ضمناً آنها هنوز به ما نگفته‌اند که داده‌هایی که از مغز می‌گیرند و در رایانه ثبت می‌کنند تا چه حد درست و کامل‌اند؟» او گمان می‌کند که اگر قرار باشد این وسیله برای کسانی به کار رود که به‌کل از حرکت بازایستاده‌اند و حتی توان سخن‌گفتن و مژه‌زدن هم ندارند، پس باید که کارهای بیشتری بتوان به کمک آن انجام داد؛ بازی کردن با رایانه و ایمیل خواندن و شبکه‌عوض کردن چندان دردی از نیازمندان دوا نمی‌کند چراکه اکنون برای آنان که می‌توانند حرف بزنند و یا حتی پلک خود را حرکت دهند دستگاههایی ساخته شده که به کمک همین دو توانایی به ظاهر کم‌اهمیت کارهای بسیار زیادی را برای بیمار انجام می‌دهند. البته «شوارتز» مرد عمل است و این نکته‌ها را صرف بهانه‌جویی نمی‌گوید. او خود در آزمایشگاهش یک دستگاه «ارتباط مغز-رایانه» را بر روی میمون‌ها می‌آزماید که بازویی دارد و این بازو به‌چابکی و آزادانه حرکت می‌کند و قابلیت حرکت سه‌بعدی دارد.

«میگوئل نیکولیس»<sup>17</sup> نیز متخصص علوم اعصاب است و از «دریچه‌های مغزی» شرکت «سایبرکینتیکس» ایرادهایی می‌گیرد و کار ایشان را مخاطره‌آمیز می‌داند. وی می‌گوید «اندامهای مصنوعی دیگری هم ساخته شده که همین کارها را بکند. اگر قرار بر انجام جراحی و کاشت مغزی است پس آدم فرآیند بسیار کاملتری را توقع دارد. من فکر می‌کنم آنها یکی- دو مرحله مقدماتی را از قلم انداخته‌اند و یک‌دفعه به سراغ جراحی روی مغز انسان رفته‌اند.» به‌گمان او بافت زنده مغز ممکن است الکترودها را کم‌کم از کار بیندازد و مجبورمان کند کاشت مغزی را هر چند وقت از نو تکرار کنیم و یا شاید در اثر عوارضی از قبیل عفونت احتمالی پس از جراحی، آسیبهای جبران‌ناپذیری به بار آید. 

او نیز خود طرحی در دست دارد که حسگرهایی را برای مغز انسان آماده کند، اما فعلاً به‌صرف کارهای تحقیقاتی و آزمایشگاهی بسنده می‌کند و در کارش بسیار احتیاط به خرج می‌دهد. او قدری مشکوک است و وسواس به خرج می‌دهد که نکند شرکت «سایبرکینتیکس» برای رسیدن به اهداف مالی، در حصول به بهترین و بی‌خطرترین نتایج ممکن برای کمک به بیماران و نیازمندان، قصور کرده باشد ...

در مقابل هستند بسیاری از دانشمندان که حامی و طرفدار فعالیتهای تحت رهبری «دانا هیو» باشند. «ریچارد اندرسون»، از دانشمندان پیشتاز در علوم اعصاب در «مؤسسه فناوری کالیفرنیا»<sup>18</sup>، از این جمله است. او هم قرار است چنین درون‌کاشتی<sup>19</sup> را در مورد انسان در پوته آزمایش آورد. به‌نظر او

“دیگر وقت آن رسیده که این آزمایش را بر روی انسانها انجام دهیم.” «بیل هیتدرکس»<sup>20</sup> نیز کسی است که در یکی از نهادهای دولتی ایالات متحده، تا سال 2003 عهده‌دار نظارت بر چنین طرحهایی بوده و منابع مالی لازم را او برای «داناویو» و برخی دیگر تصویب کرده است. او تصریح می‌کند که سلامت و ایمنی طرح آزمایشی شرکت «سایبرکینتیکس» مورد تأیید سازمان فدی‌ای می‌باشد. او نکته مهمی را نیز خاطرنشان می‌سازد؛ اینکه در نتیجه آزمایشهای «داناویو» به یک پرسش اساسی پاسخ داده شده است، پرسشی که

با آزمایش بر روی جانوران نمی‌توانستیم پاسخ روشن و قاطعی برای آن بیابیم:

”اگر انسانی دچار فلج شده باشد، پس از مدتی طولانی که بر همین وضع بماند، آیا باز هم یاخته‌های عصبی حرکتی مغز او، می‌توانند درست مانند هنگام سلامتی‌اش، فعال شوند؟“

و اکنون می‌دانیم که آری این‌گونه است.

«داناویو» خود می‌گوید که او و یارانش همه احتیاط‌های لازم را در نظر داشته‌اند؛ با وجود این قبول دارد که «نگل» هنوز قابلیت‌های کاملی کسب نکرده است.

و در این میان خود «متیو» را نباید از قلم انداخت. او در جواب مخالفان و منتقدان می‌گوید: “کدوم اون آدم‌ها تا حالا اومدن ببینن که واقعاً اینجا چی می‌گذره؟” او به وضعیت جسمانی و بدن لمس خود اشاره می‌کند و می‌گوید: “این وضع زندگی منه. من خودم برای کار داوطلب شدم.” اما خود «نگل» هم قبول دارد که دستگاه کمک محدودی به او کرده است و بدون حضور کارشناس نمی‌تواند با آن کار کند و هربار که می‌خواهد شروع کند باید کارشناس دستگاه را از نو تنظیم کند؛ ولی او واقعاً به دنبال چیست؟

“من می‌خوام دوباره راه برم؛ یا دست‌کم بتونم صندلی چرخ‌دارم رو خودم هدایت کنم ... برای من این قدم اوله و حتماً راه خودم رو ادامه می‌دم.”

“من فکر می‌کنم اونا به پول احتیاج داشتن و از اینکه بعد از آزمایش روی من موفق شدن پول لازم رو تهیه کنن خوشحالم. اگر فکر کنم کار من باعث می‌شه که اونها دستگاهشون رو کامل کنن و اون رو به آدمایی مثل من بفروشن، با همه وجود باهاشون همکاری می‌کنم...”

#### واما مختصری از مبانی علمی این پژوهش ...

در میان تلاشهایی که پژوهندگان برای درک چگونگی کار یاخته‌های مغزی آغاز کرده‌اند، یکی هم کاری بوده که «داناویو» آن را رهبری کرده است. گروهی از این دانشمندان برای جمع‌آوری خروجی یاخته‌های مغزی، به‌مانند «داناویو» از نشانند الکتروود در مغز بهره می‌برند. آنها بر این باورند که این کار باعث می‌شود داده‌هایی بیشتر در زمانی کوتاه‌تر جمع‌آوری شود. ولی گروهی دیگر به روشهایی جز کاشت مغزی متوسل می‌شوند اما در هر صورت همگی در فکر برقرار کردن نوعی ارتباط بین مغز و رایانه هستند و موفقیت ایشان در شکل‌دادن به یک چنین ارتباطی، به فناوریهای بدیعی می‌انجامد که یکی از نتایج خام و نیمه‌تمام آنها، امروز در خدمت «متیو نگل» قرار گرفته است.

اما الفبای زبان یاخته‌های مغزی از خیزشهای<sup>21</sup> الکتریکی شکل می‌گیرد. برخی از متخصصان علوم اعصاب برای پایش این خیزشهای الکتریکی و خوانش آنها از مغزنگاری الکتریکی (یا الکتروانسفالوگرافی) استفاده می‌کنند و بدین وسیله می‌توانند محدوده وسیع‌تر و ژرف‌تری از مغز را زیر نظر بگیرند و درضمن نیازی هم به عمل جراحی نداشته باشند و از مخاطرات آن بپرهیزند. باید اذعان کرد که حسگرهای «ای‌ای‌جی» در این کار به‌خوبی عمل کرده‌اند ولی هرچه باشد آنها فقط نقوشی نه‌چندان دقیق از آنچه مغز می‌گوید را به تصویر می‌کشند و این درحالی است که به روش کاشت الکتروود در مغز، می‌توان خیزشهای الکتریکی مغز را با دقت تمام ثبت نمود.

هریک از خیزشهایی که از آنها یاد کردیم دراصل اوج‌گیری یک موج یا نوسان الکتریکی است که در غشای یاخته‌های عصبی رخ می‌دهد. این نوسانها را عموماً با عنوان «پتانسیل عمل»<sup>22</sup> یاد می‌کنیم.  هنگامی که یک‌چنین نوسانی رخ می‌دهد، می‌توان گفت که آن یاخته عصبی فعال شده<sup>23</sup> یا به عبارتی تپیده و درنتیجه ازخود نشانی بیرون فرستاده است. وقتی «متیو» با دستگاه خود کار می‌کند، بر روی صفحه‌نمایش مخصوص کارشناس نمودارهای چندین «پتانسیل عمل»، ردیف هم دیده می‌شوند که در طول صفحه امتداد می‌یابند. این نمودارها را نرم‌افزاری رسم می‌کند که عهده‌دار ترجمه نشانهایی است که الکتروودها از مغز «نگل» آورده‌اند. هر یک از آن الکتروودها نشانهایی گسیل‌شده از چندین یاخته مجاور را جمع‌آوری می‌کند. هرگاه یاخته‌ای در مغز او فعال می‌شود و تپشی را آغاز می‌کند، خطی که بر روی نمایشگر دیده می‌شود با شیبی نسبتاً ملایم راه بالا می‌گیرد و هماهنگ با نوسان الکتریکی یاخته، منحنی صعودی خاصی را طی می‌کند. پس از طی مسیری کوتاه ناگهان اوج می‌گیرد و دهها بار سریع‌تر از چشم‌برهم‌زدنی، به ارتفاع حداکثر می‌رسد و همین لحظه است که صدایی شبیه “پاپ” به‌گوش می‌رسد و آنگاه در همان کسر خرد از ثانیه از نوک تیز قله سرازیر می‌شود و پس از شیب تند نزولی و طی کردن یک نوسان کوچک، با شیبی ملایم به همان سطح اولیه برمی‌گردد. این نمودار درواقع نمایشگر نوسان اختلاف پتانسیل درون و بیرون غشای یاخته عصبی است که خود چند مرحله پیاپی دارد. در حالت عادی اختلاف پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون آن منفی است. این پتانسیل منفی را که تا زمانی که یاخته تنبذ، با نوسانات بسیار خُردی پابرجاست، «پتانسیل استراحت»<sup>24</sup> می‌توان نامید. این پتانسیل از غلظتهای بیشتر یونهای پُتاسیم و سدیم، به‌ترتیب درون و بیرون غشا ایجاد می‌شود. درپچه‌هایی در غشای این سلولها وجود دارد که با عبور دادن تنظیم‌شده این یونها به دو سوی غشا می‌توانند این پتانسیل آرام را برهم زنند و همان نوسانی را به‌وجود آورند که از آن یاد کردیم. درطی این نوسان، پتانسیل منفی درون نسبت به بیرون غشا سریعاً به

مقداری مثبت می‌رسد و باز به همان مقدار منفی برمی‌گردد. حرکت همین نوسان پتانسیلی در طول رشته‌های دراز یاخته‌های عصبی، دستورات حرکتی را به اندامها منتقل می‌کند؛ این کار پیام‌رسانی را اکنون الکترودها بر عهده گرفته‌اند. در پس هر خیزشی که در نمودارها دیده می‌شود، یا آرامش مستولی می‌شود و یا خیزشهای مجددی رُخ می‌دهد. به‌گمان دانشمندان، یاخته‌های عصبی مغز با ایجاد رشته‌ای از این نوسانات الکتریکی، اطلاعات را انتقال می‌دهند. این یاخته‌ها با تغییر تواتر و تنظیم زمانبندی ایجاد موجهای الکتریکی به‌طور توأمان، از خود رمزهایی گسیل می‌کنند که هرکدام مفهومی دربر دارد. یک یاخته عصبی درحالتی که فعال بماند، بین 20 تا 200 بار در ثانیه ممکن است بتپد.



عامل دیگری که آن نیز تعیین‌کننده معنا و مفهوم نشانکها و پیامکهای ارسال شده از یاخته‌های عصبی می‌باشد، محل قرارگیری هر یاخته در مغز است؛ یعنی بسته به اینکه آن یاخته در کجای مغز قرار گرفته باشد، پیامهای آن کاربرد خاصی پیدا می‌کند و آن یاخته که در انجام وظایف بخصوصی تخصص یافته، به زبان خاص خود سخن می‌گوید. نهایتاً کنش متقابل میان این عوامل، یعنی زمانبندی و تواتر ارسال نشانکها و خیزشهای الکتریکی در محلهای مختلف مغز انسان، زیربنای فعالیت‌های مغز را تشکیل می‌دهد؛ از جمله دستور حرکت عضلات مختلف و انجام فعالیت‌های حرکتی ساده و پیچیده از رهاورد ترکیب و اندرکنش همین خیزشهای الکتریکی گوناگون مغز حاصل می‌شود. یکی از دانشمندانی که در نوشتن الگوی منطقی نرم‌افزار به‌کاررفته در درجه مغزی «نگل» همکاری داشته، به نام «هاتسپولس»<sup>25</sup>، می‌گوید: “درک چگونگی همکاری یاخته‌های عصبی مغز برای فعالیت‌های حرکتی نسبتاً کار ساده‌ای است. در پی توانایی روزافزون ما در خواندن و ثبت فعالیت تعداد بیشتر و بیشتری از یاخته‌ها به‌طور همزمان، تدریجاً می‌توانیم چگونگی فعالیت‌های پیچیده‌تر مغز همچون احساسات و تفکر و دیگر رفتارهای بشری را نیز دریابیم.”

از فعالیت‌های «ریچارد اندرسون» در مؤسسه فناوری کالیفرنیا (یا اختصاراً «کَلِتک») پیشتر سخن به میان آمده بود. برنامه آینده وی آزمایش برروی انسان است اما تا کنون وی آزمایش‌های جالبی برروی میمون‌ها انجام داده است. کار او این بوده که از روی الگوهای فعالیت یاخته‌های عصبی مغز این جانوران، قصد انجام کار را در آنها تشخیص دهد. او و همکارانش حسگرهای خود را در بخش‌هایی از مغز میمون کار می‌گذارند که آنها را قادر سازد فعالیت‌های پیچیده‌تر را پایش کنند. آنها نشانک‌هایی را ثبت و ترجمه کرده‌اند که نشان از قصد جانور برای انجام کار و یا کلاً نوعی تصمیم‌گیری دارد و به نظر می‌رسد که همین فعالیت‌های مغزی هستند که انگیزه‌های جانور را شکل می‌دهند و آنها را تحت فرمان دارند.

نکته جالبی که در پژوهش‌های این دانشمندان به نظر می‌رسد این است که یاخته‌های عصبی مغز، اگر هم قبلاً با نوعی از فعالیت‌های حرکتی آشنا نبوده باشند، اما می‌توانند اطلاعات و توانایی‌هایی تازه کسب کنند و بر مبنای آنها مهارت‌هایی جدید به‌دست آورند و فعالیت‌هایی جدید را هدایت کنند.

به هرحال این موجی است که اندیشه دانشمندان را دستخوش بازیهای خلاقانه خود کرده و درآینده‌ای نه‌چندان دور شاهد ثمرات فراوانی خواهیم بود که از دل این دریای خروشان خلاقیت برای انسان به ارمغان خواهد آمد ...

### حرکت و امید غبار غم را می‌زداید ...

«گرهارد فریس»، از متخصصان جراحی مغز و اعصاب در دانشگاه براون، کسی است که جراحی کاشت الکترودها در مغز «متیو نگل» به دست وی انجام یافته است. او پیش از آن جراحی‌های مشابهی را نیز تجربه کرده بود که مثلاً بر روی بیماران مبتلا به پارکینسون انجام می‌داد. او بر جرمه متیوی بیپوش، درست برروی آن قسمتی از مغز او که دست چپش را هدایت می‌کند، حفره کوچکی ایجاد نمود و آنگاه به کمک یک دستگاه منگنه بادی حساس و ظریف، قطعه کاشتنی را در سطح مغز او فروکرد. «فریس» می‌گوید درآینده شاید بتوانیم چنین عملی را حتی بدون بیپوشی کامل هم انجام دهیم. اما پیش از این جراحی، کارشناسان به روش تصویربرداری با تشدید مغناطیسی (یا به اختصار لاتین، ایم‌آر‌آی) به بررسی مغز نگل پرداختند. ایشان می‌خواستند دقیقاً مختصات بخشی از قشر مغز «نگل» را که عهده‌دار فعالیت‌های حرکتی است، مطابق با کالبدشناسی خاص خود او، شناسایی کنند. نتیجه این کار در اتاق عمل پیش روی «فریس» قرار گرفت تا او بتواند با دقت لازم و در مختصات درست، سطح جرمه «نگل» را سوراخ کند. ابزار کار او در این مرحله یک مته مخصوص بسیار سریع بود که به کمک آن سوراخی به اندازه یک سکه خیلی کوچک در سر «نگل» باز کرد؛ سپس تراشه پر از الکتروده مربع شکل چهار در چهار میلی‌متری را به همراه پایه آن و نیز سیم‌های رابط، به درون جرمه فروکرد و آنگاه محل جراحی را ترمیم کرد. کل جراحی حدود 4 ساعت به طول انجامید. آنگاه 6 هفته گذشت تا جراحی حاصل التیام یافت و خطر عفونت پس از عمل برطرف شد و هنگام آن رسید که گروه پژوهشگران خلاق ما حاصل کار خود را ببازمایند. یکی از روزهای ماه آگوست 2004 نخستین باری بود که آنها مغز «نگل» را به رایانه ارتباط دادند. روزی بود که «مریم صالح» برای بار نخست بر صفحه نمایش نمودارهایی را دید که در کنار هم از یک سوی صفحه به سوی دیگر رفته، همزمان با فعالیت سلولهای مغز نگل که در ذهنش تلاش می‌کرد تا دست خود را به سمت چپ حرکت دهد، آن نمودارها نیز به بالا و پایین نوسان پیدا می‌کردند و اشاره‌گر رایانه که واقعاً به سوی چپ حرکت می‌کرد و صدای «متیو» که شنیده می‌شد: “هی پسر! بدک نیست”. چیزی نگذشت که «نگل» با تلاش توانست یک دایره نه‌چندان متقارن روی صفحه ترسیم کند و بعد نوبت آن رسید که به بازی ساده پینگ‌پنگ سرگرم شود؛ به سبک همان بازیهای قدیمی آتاری؛ و بعد هم خاموش و روشن کردن تلویزیونش را یادگرفت و بعد شبکه‌های آن را عوض کرد و صدای آن را تنظیم نمود. خلاصه قدم‌به‌قدم پیش می‌رفت. به قول «دانا هیو» کار او مثل تلاش کودکی بود که برای بار نخست سوار دوچرخه می‌شود. اول کار قدری کج‌وکوله راه می‌رود و کارش سخت است اما یک‌دفعه می‌بیند که انگار در حال دوچرخه‌سواری است و بر آن مسلط شده است. به نظر وی نکته مهم این یادگیری برای «نگل» در آن است که اکنون او در انجام این کار روان و مسلط شده است و دیگر نیازی نیست که مدام در ذهنش تمرکز کند که انگار دستش را دارد حرکت می‌دهد، بلکه او مثل یک شخص سالم که چند کار را با هم انجام می‌دهد، می‌تواند مثلاً حرف بزند و در همان حال به راحتی با ذهن خود اشاره‌گر را نیز جابه‌جا کند. او مثل هر کاربر دیگری که با رایانه کار

می‌کند می‌تواند خیلی ساده فقط به جابه‌جا کردن اشاره‌گر بیندیشد نه به حرکت دادن دستش.

ارزش روشی که بر روی «متیو نگل» آزموده شده زمانی روشن می‌شود که نگاهی بیندازیم بر بیمارانی که در مرکزی همانند «بیمارستان توانبخشی اسپالدینگ»<sup>26</sup> با چه سعی و تلاشی می‌خواهند به هر قیمت که شده، بازهم بتوانند به دنیای پُرحرکت دیگران نزدیک شوند. آنها از هر ذره‌ای توان حرکت که برایشان باقی مانده کمک می‌گیرند تا به کامپیوترها یا دستگاههای مخصوص فرمان بدهند و آنها را به حرکت و جنبش درآورند. بعضی‌ها به کمک حرکت دادن لبهای خود این کار را می‌کنند؛ بعضی دیگر از پلکهایشان کمک می‌گیرند و گروهی به‌یاری زبان خود می‌خواهند فرمان دستگاه را در اختیار خود بگیرند. حتی کسانی که دیگر هیچ‌کدام از اینها برایشان مقدور نیست با استفاده از دستگاهی که حرکات ظریف مردمک چشم آنها را می‌تواند ردیابی کند، سعی می‌کنند با دستگاه ارتباط برقرار کنند و همهٔ ایشان در آرزوی کسب اندکی توانایی‌اند؛ آنها با روحیهٔ بسیار خوبی تلاش می‌کنند که گذشته را از یاد ببرند و دوباره از نو شروع کنند.

### رنگ‌آمیزی اندیشه‌ها ...

از همهٔ آنانی که در بهبود بخشیدن به فناوری «دریچه‌های مغزی» دستی در کار دارند، یکی هم «مایکل بلک»<sup>27</sup> است. وی کارشناس رایانه است و نقش او در این کار تدارک الگوریتمهایی اصلاح‌شده و تکمیل‌شده‌تر است برای رمزگشایی خیزش‌های الکتریکی یاخته‌های عصبی. او در آزمایشهایش، میمون‌ها را مورد استفاده قرار می‌دهد. از لحاظ نظری هرچه رمزگشایی نشانکهای ارسال شده از مغز بهتر و کامل‌تر انجام شود، حرکت نرم‌تر و کامل‌تری هم حاصل خواهد شد. «مایکل بلک» جدایی ساختار است که در آنها با کمک رنگ‌ها وضعیت فعالیت یاخته‌ها را نشان می‌دهد. هر جدول یا در واقع هر نمودار، در حالت ایده‌آل، فعالیت یک یاختهٔ عصبی را در ازای حرکتهای مختلف دست نشان می‌دهد. رنگ آبی وضعیتی را که یاخته‌ای خاموش است بیان می‌کند و پس از آن به ترتیب رنگهای بنفش و نارنجی فعال شدن هرچه بیشتر آن را و آنگاه رنگ قرمز، نشان‌دهندهٔ موقعیتی است که یاخته کاملاً فعال شده و پیاپی خیزش‌های الکتریکی در آن رخ می‌دهد. هر یاخته، به هنگام یک حرکت جسمانی بخصوص فعال می‌شود. مثلاً در نمودار مربوط به یکی از یاخته‌ها می‌توان دید که زمینهٔ تصویر آبی است و در گوشهٔ بالا سمت راست، تکه‌ای به رنگ قرمز دیده می‌شود. این بدان معنا است که این یاختهٔ عصبی زمانی که میمون دست خود را به بالا و به سمت راست حرکت می‌دهد فعال است. وی از روی این جداول به الگوی تبیین یاخته‌های عصبی مغز پی می‌برد و آنگاه آن را به رایانه می‌شناساند تا رایانه به هنگام دریافت مجدد همان دستور مغزی خاص، حرکت بایسته را اعمال کند. به گمان «مایکل بلک» آنچه باعث می‌شود تا بتوان از الگوهایی مشخص صحبت به میان آورد و آنها را شناسایی کرد و از آنها بهره برد، در واقع تمایلِ جالب‌توجه یاخته‌های مغزی به کار مطابق الگوهایی باثبات و تکرارپذیر است.

گروه پژوهشگران تلاش می‌کنند که پس از آزمودن پیش‌نمونهٔ این دستگاه به کمک «متیو نگل»، نمونه‌های جمع‌وجورتری بسازند که کاربری آنها نیز آسان‌تر باشد. مثلاً آن پایهٔ تیتانیومی را و یا آن سخت‌افزار پر حجم و دست‌وپاگیر را می‌خواهند به‌نوعی از این مجموعه حذف کنند. آنها می‌خواهند وسیلهٔ کوچکی را که در مغز کار می‌گذارند از طریق یک تار (یا فیبر) نوری موئین به یک پردازشگر کوچک متصل کنند. این پردازشگر را درون سینهٔ بیمار خواهند کاشت و تار نوری را نیز از زیر پوست وی خواهند کشید تا به آن متصل شود. پس نشانکهای مغزی به آن پردازشگر منتقل خواهند شد و در آنجا پردازش شده، از آنجا دستورهای مربوطه صادر خواهد شد. آنها می‌خواهند حتی رابطهٔ مغز و رایانه را به رابطه‌ای دوطرفه تبدیل کنند. دیگر دستور دادن صرف در کار نیست. بازوی اجرایی نیز بازخوردهایی را به مغز می‌فرستد و بر مبنای آن، دستورات تنظیم یا اصلاح خواهد شد. مثلاً بازویی که قرار است لیوان آبی را از روی میز بردارد نیروی لازم برای کار را تخمین می‌زند و آن را به مغز خبر می‌دهد و مغز دستور خود را متناسب آن صادر می‌کند.

پس ما باید که چشم‌په‌راه رسیدن این زایندهٔ دانش و آفرینش و تخیل دانشمندان باشیم تا بیاید؛ و آنگاه آیا زندگی بشر را بهبود خواهد بخشید؟ اما نه؛ چشم داشتن صرف شایستهٔ انسان‌بودن انسان نیست، که باید کوشید و در این راه امید و آرزو باید ... از «متیو نگل» می‌پرسند که آیا فکر می‌کند روزی دوباره راه خواهد رفت، و او در پاسخ می‌گوید این آرزویی است که لحظه‌لحظهٔ عمرش آرام و قرارش را از او گرفته است.

\*زمان نگارش این متن ماه مارس سال 2005 میلادی است.

پی‌نوشتها :

Matthew Nagle - 1

Weymouth - 2

- :Boston Red Sox – 3
- :John Donoghue – 4
- :Brown – 5
- :Leigh Hochberg – 6
- :Food and Drug Administration – 7
- :Rosetta stone – 8
- :Philip Kennedy – 9
- :Braingate – 10
- : Amyotrophic Lateral Sclerosis ( ALS – 11
- :Lou Gehrig’s disease – 12
- :Cyberkinetics – 13
- :Cybernetics – 14
- :Andrew Schwartz – 15
- :Pittsburgh – 16
- :Miguel Nicolelis – 17
- :California Institute of Technology – 18
- :Implanting – 19
- :Bill Heetderks – 20
- :Spike – 21
- :Action Potential – 22
- 23 – در زبان انگلیسی برای نامیدن این کنشِ یاخته‌های عصبی از مصدر «To Fire» استفاده می‌کنند.
- :Resting Potential – 24
- :Nicholas Hatsopoulos – 25
- :Spaulding Rehabilitation Hospital – 26
- :Michael Black – 27

#### منبع:

مقاله‌ای در منزلگاه اینترنتی «Technology Review» به‌تاریخ ماه مارس سال 2005 با عنوان «Implanting Hope»

#### پیوندهای مرتبط:

این مقاله در شمارهٔ پیاپی 524 ، خردادماه 1386 ماهنامهٔ دانشمند نیز به چاپ رسیده است.