



راه درازی که «نورالینک» از آغاز تا به امروز طی کرد

شرکت فناوری‌های عصبی نورالینک که قصد دارد قدرت و توانایی را به افراد معلول بازگرداند و بشر را تبدیل به یک ابرانسان کند اکنون به مرحله آزمایش‌های بالینی رسیده و نگاه‌ها را بیشتر از پیش به سمت خود معطوف کرده است.

شرکت فناوری‌های عصبی نورالینک که قصد دارد قدرت و توانایی را به افراد معلول بازگرداند و بشر را تبدیل به یک ابرانسان کند اکنون به مرحله آزمایش‌های بالینی رسیده و نگاه‌ها را بیشتر از پیش به سمت خود معطوف کرده است. به گزارش ایسنا، تنها شش سال قبل اولین خبرها از ایده جدید ایلان ماسک که می‌توان او را یکی از بلندپروازترین کارآفرینان جهان دانست، می‌گذرد. ایلان ماسک، بنیانگذار شرکت‌هایی نظیر تسلا و اسپیس ایکس پروژه بلندپروازانه دیگری در سر داشت و قصد داشت با شرکت «نورالینک» به آن جامه عمل بپوشاند.

شرکت نورالینک در زمینه فناوری اعصاب و نوروها در سال ۲۰۱۶ (اواخر سال ۱۳۹۴) شروع به کار کرد اما تا سال ۲۰۱۷ به عموم مردم معرفی نشده و آغاز به کار نکرده بود. این شرکت از زمان تاسیس چندین دانشمند قوی و شناخته شده در حوزه علوم اعصاب را از دانشگاه‌های مختلف استخدام کرده است. نورالینک اتصالی مستقیم میان مغز انسان‌ها و دنیای رایانه برقرار خواهد کرد.

نورالینک تحت عنوان یک شرکت «پژوهش‌های پزشکی» در کالیفرنیا ثبت شد و آن طور که براساس گزارش‌هایی که در سال ۲۰۱۷ منتشر شد ماسک قصد داشت خودش منابع مالی این شرکت را تامین کند. او در گذشته اشاره کرده بود که برای اینکه انسان‌ها بخواهند همچنان از نظر اقتصادی ارزشمند بمانند، باید هوش بیولوژیک خود را با هوش مصنوعی و ماشینی ادغام کنند. این شرکت که با ساخت تراشه و قرار دادن آنها روی مغز ارتباط میان انسان و رایانه را ممکن می‌کند در ابتدا به دنبال جمع‌آوری ۱۰۰ میلیون دلار بودجه برای دستیابی به هدف خود بود. در نخستین سال‌ها سرمایه‌گذاری‌های اولیه منجر به جمع‌آوری ۲۷ میلیون دلار بودجه برای این شرکت شد. پس از آن بودجه مورد نظر ۵۱ میلیون دلار اعلام شد و تنها با گذشت دو سال، نورالینک توانست ۳۹ میلیون دلار از این مبلغ را جمع‌آوری کند.

در کنفرانسی که در سال ۲۰۱۹ با حضور ایلان ماسک برگزار شد او در مورد نورالینک چنین توضیح داد: هدف استارت‌آپ نورالینک (Neuralink) توسعه یک پهنای باند بسیار قوی برای ارتباط انسان‌ها و رایانه‌ها است. بنابر گزارش‌ها این استارت‌آپ قصد دارد با ساخت تراشه‌های رایانه‌ای قابل کاشت در داخل مغز انسان، مرز بین بشر و ماشین را کم رنگ تر کند. زمان زیادی از برگزاری این کنفرانس نگذشته بود که ایلان ماسک اعلام کرد به احتمال زیاد تراشه این شرکت اواخر سال در مغز کار گذاشته می‌شود. اگرچه این موضوع هنوز محقق نشده اما اخبار جدیدی در مورد آن منتشر شده که در ادامه به آن می‌پردازیم. نورالینک که تا ماه ژوئیه سال ۲۰۱۹ چندین دانشمند برجسته علوم اعصاب را از دانشگاه‌های مختلف استخدام کرده بود و ۹۰ کارمند و ۱۵۸ میلیون دلار بودجه داشت در سال ۲۰۲۰ برای استخدام چندین مهندس فراخوان داد.

توسعه ربات جراحی

یکی از دانشمندانی که در سال ۲۰۱۹ به این شرکت پیوست متیو مکدوگال (Matthew MacDougall) بود که به نورالینک در توسعه ربات جراحی این شرکت کمک کرد.

از ربات جراح نورالینک در سال ۲۰۲۰ رونمایی شد. این ربات که دارای سه بخش اصلی است از سر، بدنه و پایه تشکیل شده است. بخش بالایی ربات سر بیمار را در طول جراحی ثابت نگه می‌دارد و دارای دوربین و حسگرهایی است که از مغز بیمار نقشه برداری می‌کنند و مطمئن می‌شوند که سوزن جراحی در جای درست خود قرار گرفته است.

آزمایش نورالینک روی موش‌ها و خوک‌ها

در همان سال تراشه مغزی نورالینک آزمایش موفق‌تری در خوک‌ها را پشت سر گذاشت.

این شرکت آزمایشاتش را بر روی جوندگان آغاز کرد و موفق به ساخت اتصالی از طریق پوست برای پردازش سیگنال‌های عصبی شد. این اتصال دارای سیم و مدارهای کم مصرف مجتمع با کاربرد خاص بود. اولین حیواناتی که نورالینک روی آنها آزمایش شد موش‌های آزمایشگاهی بودند که در سال ۲۰۱۹ تصاویری از آن‌ها در حالی که یک تراشه به آن‌ها متصل بود، منتشر شد. در ماه ژانویه سال ۲۰۱۹ اعلام شد که فناوری رابط‌های مغز و رایانه نورالینک به یک میمون اجازه داده تا با مغز خود یک رایانه را کنترل کند.

در سال ۲۰۲۰، نورالینک کارش را ارتقا داد و نوع بی سیم این دستگاه را ساخت که قادر بود در لحظه جریانی در ۱۰۲۴ درجه پتانسیل عمل ایجاد کند و با بر روی فعالیت نوروها اثر بگذارد. این دستگاه روی خوک‌ها به اسم گرترو آزمایش شد. محققان این توانایی جدید ارتباطی را با ثبت سیگنال‌های حسی خوک‌ها در حالی که در محیط می‌گشتند به نمایش گذاشتند. در این مورد محققان الکترودها را در بخشی از مغز خوک که سیگنال‌های پوزه را پردازش می‌کند قرار دادند و در حالی که خوک‌ها آزادانه در محیط زندگی خود می‌چرخیدند محققان پاسخ‌های عصبی به نشانه‌های حسی را ارزیابی کردند.

ایلان ماسک همچنین از ایمپلنت نسل دوم خود رونمایی کرد که فشرده تر بود و فعالیت عصبی مغز را نمایش می‌داد. در حالی که این آزمایش روی خوک‌ها به طرز چشم‌گیری عملکرد نوروها را نشان داد، محققان دریافتند که برای

استفاده این الکترودها در انسان باید این فرایند را روی حیوانی با توپولوژی عصبی مشابه انسان امتحان کرد یعنی پریما‌ت‌ها.

آزمایش جالب روی یک میمون

یکسال بعد در سال ۲۰۲۱ آزمایش قابل توجهی روی یک میمون انجام شد. این شرکت در یک نمایش میمونی را نشان داد که یک تراشه مغزی نورالینک در سر آن قرار گرفته بود و این میمون با استفاده از قدرت ذهنش بازی رایانه ای انجام می داد. نورالینک فیلمی از یک میمون ماکاک منتشر کرد که با استفاده از فناوری آن‌ها بازی ویدیویی «پونگ» را انجام می داد. ماسک پیش از این در مورد انجام آزمایش بر روی پریما‌ت‌ها صحبت کرده بود اما این اولین بازی بود که آن را به نمایش می گذاشت. نورالینک در آن زمان گفت: این میمون که نامش «پاگر» (Pager) است یک تراشه درون مغزش قرار داده شد و به او یک دسته ی بازی داده شد تا نشانگری را به سمت مربع های رنگی حرکت دهد. وقتی او توانست با موفقیت این کار را انجام دهد یک نوشیدنی موز به او به عنوان پاداش دادند.

در حالی که او با دسته ی بازی کار می کرد، تراشه ها فعالیت مغز این میمون را به یک رایانه منتقل می کردند تا مورد بررسی قرار گیرد و مشخص شود در هنگام حرکت دادن دستانش چه اتفاقی در مغزش رخ می دهد. سپس دسته ی بازی از دستگاه جدا شد اما میمون همچنان کنترل کردن بازی را به وسیله ی مغزش و تراشه های نورالینک ادامه داد. از لحاظ تنوری، این فناوری می تواند به انسان ها در کنترل اندام مصنوعی بوسیله ی تراشه های نورالینک کمک کند. ماسک در توییتی در آن زمان اعلام کرد که این فناوری به افراد فلج کمک می کند تا از تلفن هوشمند استفاده کنند. به گفته ماسک، در پروژه ی میمون هایی که بازی رایانه ای می کنند از تراشه ای بی سیم استفاده شده است که به حیوان کمک می کند یک رابط الکتریکی را تنها با استفاده از مغز خود کنترل کند. او از وجود تراشه احساس ناراحتی نمی کند و ظاهری عجیب هم ندارد و شما حتی نمی توانید محل قرارگیری این تراشه را ببینید. این تراشه بی سیم از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا می تواند مشکلات ناشی از بیرون ماندن سیم ها که منجر به عفونت می شود را رفع کند.

حریم خصوصی

طی پیشرفت و توسعه نورالینک و پس از انتشار فیلم این میمون نگرانی هایی در مورد حریم خصوصی افراد مطرح شد. با افزایش نگرانی ها در مورد شرکت های خصوصی رسانه های اجتماعی و احتمال فروش اطلاعات ما توسط این شرکت ها به شخص ثالث برای به دست آوردن سود، برخی نگرانند که فناوری نورالینک نیز روزهای تاریک دیگری را رقم بزند که در آن به حریم خصوصی کاربران، اطلاعات آنها و اصول اخلاقی زیست پزشکی افراد تجاوز شده و این اطلاعات به هرکسی که "ماسک" می خواهد فروخته شوند و تنها کاری که از دست ما برمی آید مشاهده ی سود شرکت نورالینک باشد.

شکنجه حیوانات

علاوه بر این آزمایش نورالینک بر روی حیوانات انتقاد گروه هایی از جمله بنیاد مردمی رعایت اصول اخلاقی در برابر جانوران را به همراه داشته است و برخی اعتراض کرده اند که در جریان آزمایش ها، میمون ها شکنجه شده و حتی کشته شده اند. حامیان حقوق حیوانات می گویند که میمون هایی که ایلان ماسک فناوری تراشه مغزی شرکت نورالینک خود را بر روی آنها آزمایش کرد تحت شکنجه قرار گرفته اند. «کمیته پزشکان برای پزشکی مسئولان (PCRM) ادعا می کنند که در سال های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰، میمون های آزمایشگاهی که متعلق به شرکت نورالینک بودند تحت آزمایشاتی قرار گرفتند که در حد شکنجه بوده است و شواهدی از بثورات پوستی، خودزنی و خونریزی مغزی در اسناد بررسی شده، مشاهده شده است. شرکت نورالینک به این ادعاها پاسخ داد و در بیانیه ای نوشت: این میمون ها قربانی شده اند، اما به دلیل عدم مراقبت پزشکی و بی مبالاتی در این آزمایش نبوده است.

در این آزمایش ها که طی همکاری میان دانشگاه "کالیفرنیا دیویس" (UC Davis) و نورالینک انجام شده است ۲۳ میمون شرکت داشتند که ۱۵ مورد از آنها در نتیجه عوارض آزمایش یا نگهداری نامناسب جان خود را از دست دادند یا مورد اتانازی قرار گرفتند.

خداحافظی با یکی از بنیان گذاران

با گذشت پنج سال از تاسیس شرکت نورالینک، این شرکت هنوز موفق به آزمایش محصول خود روی انسان ها و فروش آن نشده بود و همین باعث شد که در سال ۲۰۲۱ یکی از بنیان گذاران خود را از دست بدهد. گزارش ها حاکی از آن بود که مکس هوداک بی سر و صدا این شرکت را ترک کرده چرا که این شرکت هنوز موفق به تولید و فروش محصول نشده است. کمی بعد ایلان ماسک در گفتگویی با وال استریت ژورنال اعلام کرد که شرکت فناوری ارتباط مغز نورالینک کمتر از یک سال با قرار دادن تراشه در مغز انسان ها فاصله دارد و تنها مانع نورالینک برای رسیدن به آزمایش های انسانی، تاییدیه سازمان غذا و دارو است. با این حال این میلیاردی پیش از این نیز قول آغاز آزمایش های بالینی را داده بود و در سال ۲۰۱۹ هدف او آغاز آزمایشات تا پایان سال ۲۰۲۰ بود و وعده ی سال ۲۰۲۱ نیز محقق نشد.

آزمایش جالب بعدی روی یک میمون

اواخر سال ۲۰۲۲ شرکت نورالینک آزمایش جالب دیگری بر روی یک میمون انجام داد و آن را به نمایش گذاشت. رویدادی موسوم به «نمایش بده و بگو» با نمایان شدن آهسته ی حروف بر روی یک پرده نمایش آغاز شد که کلماتی را تشکیل دادند که در نهایت عبارت «نمایش بده و بگو خوش آمدید» را ساختند. پرده ها کنار رفت و حصار متوجه شدند که این حروف توسط یک میمون و با استفاده از قدرت مغز آن تایپ شده است. این میمون که با بهره گیری از قدرت مغزش روی نمایشگر تایپ می کرد در واقع، رایانه را طی مجموعه ای از رفتارهای یادگیری پیچیده کنترل می کرد. کارکنان نورالینک توضیح دادند که چگونه میمون را آموزش داده اند تا به اعداد و حروف روی نمایشگر واکنش

نشان دهد. پاداش دادن به میمون برای ردیابی حروف و اعداد و سپس استفاده از آنها برای نوشتن اعداد و کلمات پیچیده تر و در نهایت تولید یک جمله کاری است که آنها انجام داده بودند.

این سازماندهی های پیچیده از عملکردهای عصبی از طریق الکترودهای کاشته شده در مغز میمون به کار گرفته می شوند. این الکترودها رشته های نازک بلندی از الیاف فلزی هستند. ضخامت آنها بین پنج تا ۵۰ میکرون است که از موی انسان نیز نازک تر است. آنها به قدری سبک هستند که اگر به هوا پرتاب شوند، در هوا شناور می شوند و به قدری ضعیف هستند که نمی توانند یک تار مو را حرکت دهند.

الکترودها فعالیت نورون ها را ضبط می کنند، سیگنال ها از نورون ها آزاد می شوند، توسط تراشه در رایانه ثبت می شوند، سپس ترسیم، سازماندهی و بازتولید می شوند.

مسیر درک مغز توسط یکی از مهندسان نورالینک توصیف شد. او آن را به یک نوار بلند یک مایلی (۱.۶ کیلومتر) تشبیه کرد که نمایانگر تمام فعالیت هایی است که مغز می تواند انجام دهد و ما انسان ها تنها می توانیم چند اینچ اول (هر اینچ معادل ۲.۵ سانتی متر) را درک کنیم.

آنها طرح هایی در مورد ساخت یک سیستم ایمپلنت ارائه کردند که می تواند ۱۰ هزار الکترودها در هر رشته داشته باشد. رباتی که اکنون الکترودها را در بدن افراد قرار می دهد، یک ربات جراحی است. جراح مغز و اعصاب بیمار را آماده می کند، سپس ربات ایمپلنت ها را در مغز قرار می دهد، زیرا رشته های الکترودها بسیار ظریف هستند و نمی توان آن ها را با دست نگه داشت. به گفته ایلان ماسک، ایمپلنت و تعبیه این تراشه تا حدودی شبیه به جراحی لازک چشم خواهد بود. این عمل توسط یک ربات جراح مغز و اعصاب انجام خواهد شد و هر رشته را می تواند به طور جداگانه با دقت میکرونی به منظور جلوگیری از بروز انقباض عروق و هدف قرار دادن نواحی خاص مغز در مغز قرار دهد.

مجوز سازمان غذا و دارو

با تمام این نمایش ها، شرکت نورالینک همچنان برای آغاز آزمایش های بالینی وابسته به مجوز سازمان غذا و داروی آمریکا بود و اوایل سال ۲۰۲۳ سازمان غذا و دارو دست رد را به سینه این شرکت زد و درخواست ایلان ماسک برای آزمایش بالینی ایمپلنت «نورالینک» در مغز انسان توسط سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) رد شد.

ده ها مورد به این شرکت اعلام شد تا پیش از درخواست مجدد برای دریافت مجوز به آن ها رسیدگی کند و کارکنان شرکت نورالینک، ده ها موضوعی را که باید قبل از انجام آزمایش انسانی به آنها رسیدگی کنند، به رویترز اعلام کردند.

موارد ذکر شده توسط سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) شامل وجود باتری لیتیومی در دستگاه، امکان مهاجرت سیم های ریز ایمپلنت به سایر نواحی مغز و طرح سوال هایی در مورد نحوه قرار دادن دستگاه بدون آسیب رساندن به بافت مغز و برداشتن آن است. ایلان ماسک در اوایل سال ۲۰۲۳ درخواستش را برای آغاز آزمایش های بالینی ارائه کرد، اما کارکنان شرکت نورالینک تأکید کردند که وی هنوز همه مشکلات را حل نکرده است.

به گفته شش کارمند فعلی و سابق نورالینک، این ایمپلنت دارای نخ های کوچکی است که الکترودها را حمل می کند و در سر ثابت می شوند، اما سازمان غذا و دارو نگران است که نخ ها به سایر نواحی مغز مهاجرت کنند. گفته می شد که ماسک تلاش کرده این مشکل را حل کند و ایمپلنت ها را روی ده ها خوک آزمایش کرده، اما خوش شانس نبوده است.

کارشناسان دستگاه های مغزی معتقدند که نگرانی های سازمان غذا و دارو در مورد باتری نیز به طور بالقوه جدی است. به گفته برخی از کارمندان شرکت نورالینک، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) دریافته است که شرکت باید در پژوهش های حیوانی نشان دهد که احتمال خرابی باتری بسیار کم است. این سازمان همچنین این سوال را مطرح کرده بود که آیا می توان دستگاه را بدون آسیب رساندن به بافت مغز برداشت یا خیر.

سازمان غذا و دارو همچنین نگرانی هایی را در مورد اینکه این دستگاه ممکن است بیش از حد گرم شود و به طور بالقوه به بافت مغز آسیب برساند، مطرح کرد.

اما ناکامی نورالینک این بار زیاد به طول نینجامید و تنها سه ماه بعد و با گذشت هفت سال از تاسیس این شرکت سرانجام تاییدیه سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA) را برای کاشت رایانه در مغز انسان به دست آورد.

نورالینک در توییتی نوشت: ما با هیجان این خبر را به اشتراک می گذاریم که تاییدیه سازمان غذا و دارو آمریکا را برای آغاز اولین مطالعه ی بالینی در انسان دریافت کرده ایم. این نتیجه ی کار باورنکردنی تیم نورالینک در همکاری نزدیک با سازمان غذا و دارو و اولین قدم مهمی است که روزی به فناوری ما اجازه می دهد به افراد زیادی کمک کند.

آغاز پذیرش داوطلب برای آزمایش های بالینی

اکنون شرکت نورالینک اعلام کرده است که برای آزمایش بالینی تراشه های خود داوطلب می پذیرد. این شرکت اعلام کرده که اکنون درخواست های داوطلبین انسانی را که مایل به کاشت رابط رایانه ای آزمایشی N1 این شرکت در مغز خود هستند، می پذیرد.

اولین مطالعه انسانی نورالینک، به نام پرایم (PRIME) برگرفته از سرواژه های کلمات رابط دقیق رباتیک کاشته شده مغز و رایانه به زبان انگلیسی، توجه افراد مبتلا به فلج چهار اندام به دلیل آسیب نخاعی گردن یا اسکروز جانبی آمیوتروفیک (ALS) را به خود جلب می کند. آنها همچنین باید دستکم ۲۲ سال سن داشته باشند و یک مراقب ثابت و قابل اعتماد نیز داشته باشند.

ماسک در سال ۲۰۲۲ گفت که قصد دارد این دستگاه را در مغز خودش قرار دهد، اما بعید به نظر می رسد که او جزو اولین دسته از شرکت کنندگان در آزمایش باشد.

نورالینک می گوید که می خواهد از مطالعه پرایم برای ارزیابی ایمنی ایمپلنت N1 و ربات جراحی R1 استفاده کند. نورالینک در پستی در وبسایت خود توضیح داده است: در طول این مطالعه، ربات R1 برای قرار دادن نخ های بسیار ظریف و انعطاف پذیر ایمپلنت N1 در ناحیه ای از مغز که تصمیم برای حرکت را کنترل می کند، به کار می رود. هنگامی که ایمپلنت N1 در جای خود قرار گیرد، از نظر زیبایی شناختی نامرئی است و برای ضبط و انتقال سیگنال های مغز به صورت بی سیم به اپلیکیشنی که تصمیم برای حرکت را رمزگشایی می کند، وابسته است. به گفته نورالینک مطالعه پرایم نشان دهنده گام مهمی در تلاش برای توسعه یک رابط مغزی برای ایجاد استقلال در افرادی است که نیازهای پزشکی برآورده نشده دارند. اکنون هنوز روزهای اولیه نورالینک در آزمایش های انسانی است اما اگر این تراشه ها به درستی کار کنند، این اتفاق می تواند آغاز عصر جدیدی برای قربانیان بی شماری که از اختلالات عصبی، آسیب های مغزی، معلولیت و موارد دیگر رنج می برند، باشد.