IRI Military Command and Staff University
Quarterly Journal of Cognitive Warfare Sciences and Technologies
https://www.jcwst.ir/
Online: 2645-7172

Biosecurity in brain hacking: Opportunities and challenges for cognitive neuroscience

Mehdi zenodini [1] ✉

Professor and Faculty Member, National Defense University, Tehran, Iran Email: zeinoddini@modares.ac.ir
Responsible Writer

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received :
12 jun 2025
Received in revised form
22 jun 2025
Accepted
07 jul 2025
Published online
19 dec 2025

Keywords:
Biohacking, Neurohacker, Neurotrophic Factor, Cognitive Science, Biosecurity.

ABSTRACT

Since the term biohacking was introduced to the biology community in 2000, many applications have been developed by researchers. Biohacking (or bodyhacking) is equivalent to the term do-it-yourself biology and aims to make biology easily accessible to ordinary people and amateurs. Pioneers in this field reveal the amazing secrets of the body's operating system, called MeatOS, and have done a lot of activities regarding hacking this operating system in order to increase the capabilities of the human body. Lifestyle (changing diet, breathing, regular sleep, relaxation and exercise), changing lifespan, increasing individual capabilities and brain (mind) hacking are among the most important aspects of biohacking (body) in humans. Brain (mind) hacking creates attractive opportunities to create more capabilities in people, but on the other hand, it can cause serious challenges and risks in cognitive neuroscience and biosecurity. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) is known as a key biomarker in brain hacking. This specialized protein promotes neurogenesis (the synthesis of new neurons) and neuroplasticity (the brain's ability to create new neural pathways). Scientists have called BDNF the brain's growth miracle, and higher levels of BDNF have been linked to better overall cognitive function and memory. This article provides an overview of the potential of neurohackers to enhance or inhibit brain activity from a biosecurity perspective.

Cite this article: Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (year). Article title. *Journal Title*, 56 (1), 1-20.
DOI: http//doi.org/000000000000000000

Publisher: IRI Military Command and Staff University

فصلنامه علمی علوم و فناوری‌های جنگ شناختی
https://www.jcwst.ir/
شاپای الکترونیکی: ۲۶۴۵-۷۱۷۲
دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا

امنیت زیستی در هک مغز: فرصت‌ها و چالش‌های علوم اعصاب شناختی

مهدی زین‌الدینی[۱] | ✉

استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه عالی دفاع ملّی، تهران، ایران Email: zeinoddini@modares.ac.ir
نویسنده مسئول،

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۳/۲۲
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۴/۱۶
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۹/۲۸

کلیدواژه‌ها:
هک زیستی، نوروهکر، فاکتور نوروتروفیک، علوم شناختی، امنیت زیستی.

چکیده

از سال ۲۰۰۰ که واژه هک زیستی در جامعه زیست‌شناسی مطرح شد تا به امروز، کاربردهای زیادی توسط محققان توسعه یافته است. هک زیستی (یا هک بدن) با واژه زیست‌شناسی را خودت انجام بده معادل بوده و هدف آن دسترسی آسان زیست‌شناسی برای افراد عادی و آماتور است. پیشگامان این حوزه اسرار شگفت‌انگیزی از سیستم عامل بدن تحت عنوان MeatOS را مطرح می کنند و در خصوص هک این سیستم عامل به منظور افزایش توانمندیهای بدن انسان، فعالیت‌های زیادی را انجام داده‌اند. سبک زندگی (تغییر رژیم غذایی، تنفس، خواب منظم، آرامش‌بخشی و ورزش)، تغییر طول عمر، افزایش توانمندیهای فردی و هک مغز (ذهن) از مهمترین موارد هک زیستی (بدن) درانسان است. هک مغز (ذهن) سبب بروز فرصت های جذاب به منظور ایجاد قابلیت های بیشتر در افراد می گردد اما از سوی دیگر می تواند سبب بروز چالش های جدی و مخاطراتی در علوم اعصاب شناختی و امنیت زیستی گردد. فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF) به عنوان بیومارکر کلیدی در هک مغزی شناخته شده است. این پروتئین تخصصی باعث رشد نوروژنز (سنتز نورون‌های جدید) و نوروپلاستیسیته (توانایی مغز برای ایجاد مسیرهای عصبی جدید) می‌شود. دانشمندان از BDNF به عنوان معجزه رشد برای مغز نام برده و مشخص شده است که سطوح بالاتر BDNF با عملکرد کلی شناختی و حافظه بهتر مرتبط است. این مقاله، مروری بر قابلیت نوروهکرها در راستای تقویت یا مهار فعالیت‌های مغزی با نگرش امنیت زیستی ارائه می‌دهد.

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ و نام خانوادگی، نام (سال). عنوان مقاله. *عنوان مجله*، ۲ (۴)، ۱-۲۰.

DOI: http//doi.org/ ۱۰.۲۲۰۳۴jcwst.2025.224419

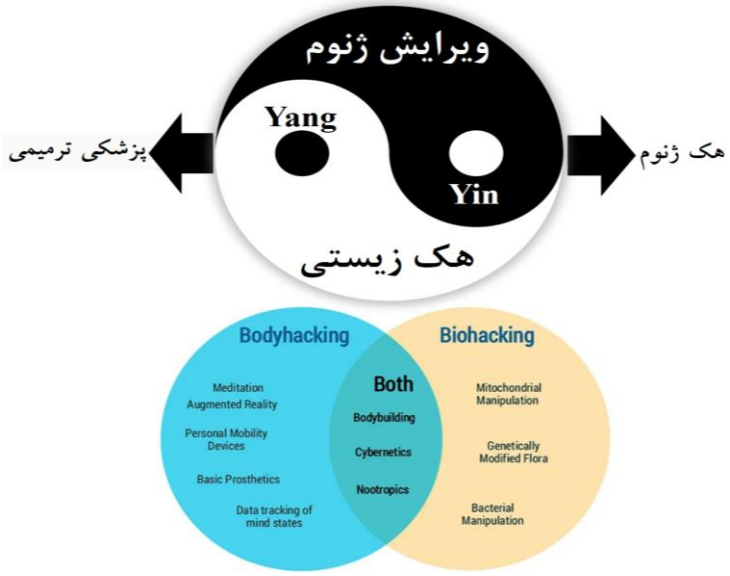
ناشر: دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران

CC BY NC ND

مقدمه

هک زیستی اصطلاحی است که برای افزایش توانایی جانداران مختلف (بویژه انسان) به منظور تقویت و افزایش عملکرد و ایجاد موجودات جدید (سایبورگ) استفاده می‌شود. در حالی که برخی روش‌های هک زیستی ممکن است افراطی و خطرناک به نظر برسد، نمونه‌هایی نظیر تمرینات ورزشی، دستورالعمل آرامش بخشی و تقویت حافظه، نسبتاً رایج بوده و بسیاری از دانشمندان از آن حمایت می‌کنند. با این حال، آنچه نگرانی‌ها را در جامعه علمی گسترش داده است، فعالیت افراد آماتور در جنبش زیست‌شناسی را خودت انجام بده یا DIY-Bio است. در این راستا هکرهای زیستی با به کارگیری روش‌هایی نسبتا خطرناک و استفاده از علومی نظیر زیست‌شناسی، ژنتیک، علوم اعصاب و تغذیه برای افزایش عملکرد جسمی یا ذهنی، بهبود سلامت و رفاه کلی، یا دستیابی به یک نوع سلامت خاص، فعالیت های ویژه ای را مدیریت می کنند (۱). نقطه عطف تحولات مرتبط با حوزه پزشکی و زیست فناوری، شروع پروژه ژنوم انسانی بود که از سال ۱۹۹۱ آغاز گردید و در نهایت با برگزاری کنفرانسی بین المللی در سال ۲۰۰۰، اتمام پروژه ژنوم انسانی به جامعه جهانی، با ارائه مجریان اصلی این پروژه (*فرانسیس کولین* و *کریج ونتر*)، اعلام گردید. با تکمیل و اتمام پروژه ژنوم انسانی، اطلاعات کاملی از ژنوم انسان به جامعه بشری ارائه داده شد که در این اطلاعات، ژن های معیوب و مفید بطور کامل مشخص و معین گردیدند و به گفته برگزار کنندگان این کنفرانس، کتاب حیات رمزگشایی شد. درنتیجه حساسیت افراد و اقوام به میکروارگانیسم ها و بیماری های خطرناک یا مقاومت آن ها مشخص شد (۲). با اطلاع از اینگونه اطلاعات ژنتیکی می توان مواد شیمیایی و یا زیستی در راستای هک ژنوم (و مغز) افراد طراحی نمود، بطوریکه فرد مورد نظر را دچار آسیب کند. از سوی دیگر با توسعه فناوری نوظهور و آینده سازی همچون ویرایش ژنی، امکان دستورزی و هک DNA برای محققین آماتور (و دانشمندان گاراژی) نیز فراهم گردیده است. ویرایش ژنی امروزه به عنوان یک انقلاب جدید در زیست شناسی و زیست فناوری مطرح شده است. به گفته *جیمز واتسون* کاشف حالت دو رشته ای DNA، ویرایش ژنی دومین انقلاب در حوزه زیست شناسی مولکولی بوده و جهان را متحول خواهد کرد. پروفسور *جنیفر*

دودنا[1]، بیوشیمیست آمریکایی کاشف نسل جدید ویرایش ژنی (CRISPR-Cas9) است که توانسته به همراه *امانوئل شارپنتیر*[2] (بیوشیمیست فرانسوی)، جایزه نوبل ۲۰۲۰ را به خود اختصاص دهد. ارتباط ویرایش ژنی و هک زیستی را می توان معادل ارتباط نماد چینی Yin/Yang در نظر گرفت (شکل ۱). به این معنی که در اثر اطلاع از مکانیسم های ویرایش ژنی و کسب دانش فنی مربوط به آن، از تاریکی خارج شده و در روشنایی می توان هدفمند سبب هک زیستی ارگانیسم های مورد نظر (حتی انسان) شد. براین اساس می توان هم در پزشکی ترمیمی و رفع نواقص ژنتیکی و هم در جهت هک ژنوم و جراحی DNA فعالیت نمود (شکل ۱) (۳).



شکل ۱: بالا-ارتباط ویرایش ژنی و هک زیستی مشابه ارتباط Yin/Yang. پایین- تفاوت دو واژه هک زیستی و هک بدن.

امروزه دو دیدگاه و رویکرد در مورد هک زیستی وجود دارد. رویکرد اول هک ارگانیسم های زنده خارج از بدن انسان. به عنوان مثال تغییر در یک سلول یا یک آمیب تا در تاریکی بدرخشد و یا فعالیت ویژه دیگری انجام دهد. دیدگاه دوم در مورد هک زیستی این است

---

1 Jennifer Doudna

2 Emmanuelle Charpentier

که فرد بدن خود را هک کند (هک بدن). یعنی بتوان کنترل سیستم هایی را در بدن خود به دست آورد که هرگز به آنها دسترسی نخواهیم داشت (۴). از منظر طرفداران این دیدگاه اگر فردی بتواند جراحی زیبایی یا هر فعالیت پزشکی دیگر بر روی بدن خودانجام دهد، چرا نتواند ژنوم خود را جراحی و دستکاری کند؟ براین مبنا اصطلاح هک انسان و سایبورگ، شکل می‌گیرد که در راستای ایجاد و کاشت تراشه در بدن به منظور افزایش قابلیت های مربوطه مورد استفاده قرار می گیرد. ولی از منظر امنیت زیستی، این افراد قادر خواهند بود بصورت آفندی ژنوم فرد مقابل یا مغز او را نیز هک نمایند. هک سلول های عصبی یا نروهکینگ بخش از هک زیستی، هک بدن یا هک زندگی است که در آن سلول های عصبی دچار هک (مثبت یا منفی) می گردد. هک مغز یکی از علوم نوظهور است که بر روی بهینه سازی عملکرد و پتانسیل مغز انسان از طریق دستکاری چهار بعد (بدن، ذهن، محیط و روابط) متمرکز می شود (۷-۵). حوزه رو به رشد علوم اعصاب از نظر کاهش هزینه‌ها، افزایش دسترسی و قابلیت اطمینان مواد و روش‌های کاشت دستگاه‌ها، روز به روز در دسترس‌تر و ساده‌تر می‌شود. همانند سایر زمینه‌های مهندسی مانند فناوری زیستی یا فناوری اطلاعات، جامعه رو به رشدی از هکرهای پیشگام وجود دارد که بر روی مغز آزمایشاتی را انجام داده و کاربردهای نوینی را توسعه می‌دهند. اما مخاطرات و پیامدهای اخلاقی این آزمون‌ها و روش‌های بکارگیری شده در درمان‌های مغزی، سبب نگرانی‌هایی در بین جامعه علمی و اخلاق‌شناسان از منظر امنیت زیستی شده است. جنبش انسان‌های سایبورگ و ابرانسانیت (h^+) هر روزه طرفداران زیادی را به سمت خود جلب می‌کند که سبب افزایش نگرانی‌های امنیت زیستی شده است (۸). در این مطالعه مروری، تلاش شده است فرصت‌ها و چالش‌ها نوروهکرها برای جامعه پزشکی از منظر اخلاق زیستی و امنیت زیستی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

مبانی نظری:

نوروهکرها با هک کردن مغز روش هایی را برای بهبود رفلکس‌ها، یادگیری سریعتر یا درمان اختلالات روانی، انجام داده و به دنبال بهبود خود یا دیگران هستند. با وجودیکه جنبش عصبی مدرن از دهه ۱۹۸۰ آغاز شد ولی استفاده از مکمل‌های گیاهی به منظور افزایش عملکرد مغز، صدها سال است که استفاده می شود. پس از یک دوره کوتاه مرتبط با کمبود تحقیقات در این خصوص، هک عصبی در اوایل دهه ۲۰۰۰ دوباره مورد توجه قرار گرفت. جنبش تحریک مغزی مبتنی بر DIY در اواخر سال ۲۰۱۱ آغاز شد. در حال

حاضر، بیشتر هک‌های عصبی از طریق روش‌های DIY-Biology توسط افراد متخصص یا آماتور انجام می شود. DIYbio ، یک جنبش اجتماعی زیست فناوری و در حال رشد است که در آن افراد و مراکز علمی کوچک در حوزه زیست شناسی و علوم زیستی، قادرند با استفاده از روش های مشابه موسسات و مراکز تحقیقاتی سنتی، آزمایش های پیشرفته را در کمترین فضا (حتی آشپزخانه) و کمترین تجهیزات، انجام دهند (۵). در این رابطه دکتر *دیو آسپری*[1]، کارآفرین برجسته آمریکایی، به عنوان پدر علم هک زیستی شناخته می‌شود. او نویسنده و مدافع یک رژیم غذایی پرچرب کم کربوهیدرات بوده که به عنوان رژیم ضد گلوله[2] شناخته می‌شود و محصولات متعددی را در این خصوص تولید کرده و توسط شرکت خود به بازار عرض نموده است. *دیوآسپری* با استفاده از مهارت‌های هک زیستی خود برای ایجاد ابزارهای اندازه‌گیری فنی جدید و تولید قهوه‌ای با سمیت کم و متناسب با بهبود فیزیکی، به سرفصل اخبار در این حوزه رسیده است. مفهوم او به درستی قهوه ضد گلوله نامیده می‌شود که برای تغییر قدرت شناختی، وزن و سلامت عمومی او در هنگام استفاده طراحی شده است. *آسپری* درجدیدترین کتاب خود که در سال ۲۰۲۳ با نام **هوشمندتر نه سخت تر: راهنمای هکر زیستی برای بدست آوردن بدن و ذهنی که می خواهید**[3]، منتشر شد، اسرار شگفت انگیزی از سیستم عامل بدن تحت عنوان MeatOS (سیستم عامل گوشت[4]) را مطرح می کند و در خصوص هک این سیستم عامل به منظور افزایش توانمندی های بدن انسان، توضیحاتی را ارایه کرده است (شکل ۲). *آسپری* در این کتاب اعلام می کند که مشابه یک هکر رایانه ای قصد دارد زیست شناسی شخصی خود (بدنش) را نیز هک کرده و تغییر دهد. او نشان می‌دهد که چگونه با حداقل سرمایه‌گذاری زمان، انرژی و پول، می توان سلامتی را به حداکثر رساند. *آسپری* مرتباً مواردی را با دنبال کنندگانش به اشتراک می‌گذارد که چگونه فلسفه هک کردنش او را به آزمایش‌های شخصی گسترده‌ای از جمله مصرف روزانه ده‌ها مکمل و تزریق سلول‌های بنیادی برداشت‌شده از مغز استخوان خودش به مفاصل مختلف بدنش،

---

1 Dave Asprey

2 Bulletproof

3 Smarter Not Harder: The Biohacker's Guide to Getting the Body and Mind You Want

4 meat operating system

سوق داد. او که اکنون سالم و پر انرژی است و قصد دارد تا ۱۸۰ سالگی زندگی کند، دارای ایده های جذاب زیادی برای هک بدن است (۹).

شکل ۲: راست-کتاب جدید *دیو آسپری با نام* هوشمندتر نه سخت تر: راهنمای هکر زیستی برای بدست آوردن بدن و ذهنی که می خواهید. چپ- محصولات ضدگلوله طراحی و تولید شده توسط شرکت *آسپری* (۹).

آسپری در فصل اول کتاب خود در جهت تفهیم و تشریح موضوع هک و هکر زیستی تاکید می کند: مادر طبیعت از زباله ها متنفر است، به همین دلیل است که او هر سلول بدن انسان را طوری با برنامه‌ریزی کدگذاری کرد که به آن دستور می‌دهد تا حد امکان انرژی کمتری مصرف کند. آن برنامه نویسی به عنوان بخش اصلی MeatOS است. MeatOS روی رایانه بدن شما انواع کارهایی را انجام می دهد که برای شما نامرئی است، کارهایی که حتی برای برنامه هایی که روی رایانه شما اجرا می شود نیز نامرئی است. به همین ترتیب، MeatOS در پس‌زمینه غیرقابل شناسایی، فعالیت می‌کند. شما نمی‌دانید که آنجاست، اما تأثیر آن را دائماً احساس می‌کنید. قیاس نرم افزار بدن خود با نرم افزار رایانه‌ای، بیشتر از آن چیزی که فکر می کنید، منطقی است. از این گذشته، وقتی برای باز کردن ایمیل خود روی نماد صفحه کلیک می‌کنید، احتمالاً نمی دانید که کدام الکترون ها به کدام بخش از واحد پردازش مرکزی شما یا CPU شما فرستاده می شود. شاید شما حتی ندانید CPU چیست. تمام هدف یک سیستم عامل این است که فرآیندهای پیچیده را از شما پنهان کند. تنها چیزی که مهم است نتیجه نهایی است. شما می توانید برنامه‌ای را اجرا کنید که آنچه را که می خواهید انجام می‌دهد، بدون اینکه نیازی به فکر کردن در مورد نحوه انجام آن باشد. بدیهی است که بدن گوشتی شما دقیقاً مانند یک رایانه با تراشه و سیم کار نمی‌کند، اما باید چیزی شبیه یک سیستم عامل

مخفی داشته باشد. در غیر این صورت نمی‌توانید کارهایی مانند خوردن و نوشیدن را انجام دهید. بدن شما حتی بدون دستور شما نفس می کشد. وقتی حواستان نیست چشمانتان روی خلبان خودکار پلک می‌زند. MeatOS همیشه در پس‌زمینه کار می‌کند و برای شما کاملاً نامرئی می‌ماند، حداقل تا زمانی که خراب شود. MeatOS شما نه تنها نامرئی است، بلکه مستقل است. مغز و ذهن خودآگاه شما بیشتر شبیه یک برنامه کاربردی جداگانه است که در بالای بسیاری از فرآیندهای پیچیده ای که بدن شما را زنده نگه می دارد، قرار دارد. شما هرگز حتی نسبت به درصد ناچیزی از آنچه در بدنتان می گذرد، آگاهی کامل ندارید. در واقع، خودآگاهی محدود شما همیشه قدیمی است. مطالعات نشان می‌دهد که مغز شما چیزهایی را که اتفاق می‌افتند تا حدود یک سوم ثانیه پس از وقوعشان به‌طور الکتریکی تشخیص نمی‌دهد. با استفاده از برنامه نویسی ابتدایی MeatOS، بدن شما در حال حاضر حدود ۳۰۰ میلی ثانیه قبل از اینکه ذهن خودآگاه شما بداند چه کاری انجام می دهید یا چرا آن را انجام می دهید، در حال انجام اقدامات شماره یک است. به‌عنوان یک هکر رایانه، من خیلی زود یاد گرفتم که چگونه یک رایانه را با تغییر ورودی‌ها به سیستم عامل آن کنترل کنم. بعداً متوجه شدم که همانطور که می توان یک سیستم رایانه را هک کرد، می توان MeatOS بدن خود را نیز هک کنیم. این هک زیستی است، مفهومی که در سال ۲۰۱۰ معرفی شد. هک ذاتاً در مورد به دست گرفتن کنترل یک سیستم است تا آن را وادار به انجام آنچه می خواهید انجام دهد، یعنی به دست آوردن نتایجی که می خواهید با کمترین تلاش، بدان برسید. این جوهر رویکرد هوشمندانه‌تر نه سخت‌تر است. اکثر نوآوران بزرگ رایانه‌های اولیه، هکر بودند. اگر چیزی آنطور که آنها می خواستند کار نمی کرد، وارد دستگاه می شدند، آن را در اختیار می‌گرفتند و کنترل می‌کردند. *استیو وزنیاک*[1] و *استیو جابز*[2]، بنیانگذاران رایانه‌های اپل، چهار سال قبل از راه اندازی شرکت خود، یک دستگاه هک غیرقانونی تلفن به نام جعبه آبی ۲ را به فروش رساندند. بخش مهمی از فلسفه هک این است که افراد باید مسئول کد باشند، نه برعکس. زمانی که شرکت‌های نرم‌افزاری بزرگ جهان کدهای رایانه‌ای را منتشر می‌کردند و آن‌طور

---

1 Steve Wozniak

2 Steve Jobs

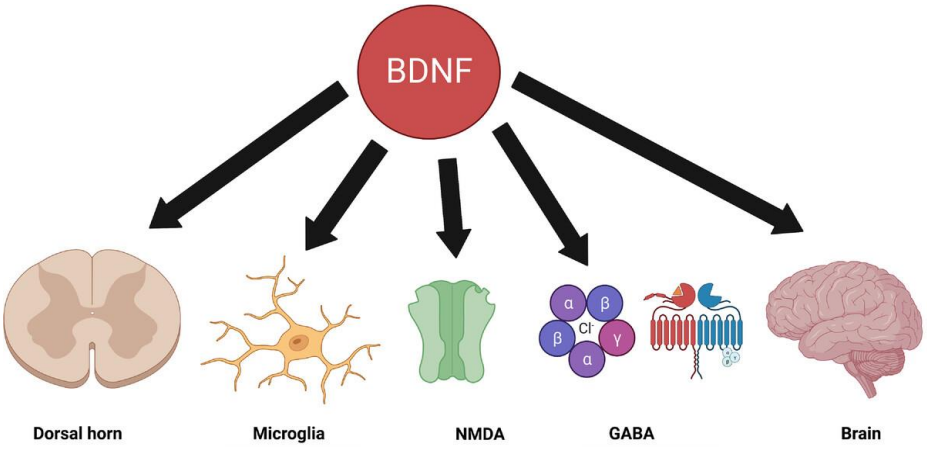
که هکرها می‌خواستند کار نمی‌کرد یا نمی‌توانستند مطابق با نیازها و خواسته‌های آنها تنظیم شود، هکرها به سادگی کد جدیدی از خودشان نوشتند. آنها در نهایت نرم افزار لینوکس با دسترسی آزاد را ایجاد کردند که امروزه بیشتر وب را اجرا می کند. هکرها تلاش می کنند تا با کمترین تلاش به نتایجی که می خواهند برسند. هکرهای زیستی نیز به این سنت اصیل (البته کمی شیطانی)، ادامه می دهند، با این تفاوت که در این مورد شرکت بزرگ نرم افزاری، مادر طبیعت است. او سیستم بسیار کارآمدی را ایجاد کرد که در MeatOS او کدگذاری شده بود، که تضمین می‌کند که ما ناخودآگاه تا حد ممکن انرژی کمتری را برای انجام کارهای ضروری در زندگی مصرف می‌کنیم: غذا خوردن، رابطه جنسی، دعوا و تشکیل قبیله. مادر طبیعت در تلاش خود برای موفقیت بی امان است. در مقام مقایسه، او مایکروسافت و گوگل را شبیه مادر ترزا می کند. سیستم عامل انسان ما را به گونه غالب روی کره زمین تبدیل کرده است، اما با برخی محدودیت های حیاتی همراه است. برای خوشحال کردن، قدرتمند کردن، رایگان کردن یا حتی آرام کردن شما طراحی نشده است. تمام دغدغه MeatOS بقا و تداوم گونه است. این یک مسیر غیرقابل قبول کوچک و نامطلوب برای زندگی کردن است. شما به عنوان یک انسان خوب، خودآگاه و پیشرفته به خودتان مدیون هستید تا MeatOS خود را کنترل کنید. برنامه نویسی قدیمی در عمق استخوان‌های ما به اندازه کافی کار نمی‌کند. شما با یک انتخاب اساسی روبرو هستید: یا می توانید توسط برنامه نویسی خود اجرا شوید یا می توانید آن را اجرا کنید. اگر می خواهید کاملاً و آزادانه زندگی کنید، واقعاً فقط یک راه وجود دارد، هک زیستی خود (۹).

به اعتقاد دانشمندان، قوی ترین داروخانه بین گوش های هر انسان قرار دارد. اگر هر فرد مغز خود را مدیریت کند، سلامتی او به دنبال خواهد آمد. نورون‌هایی که با هم عمل می‌کنند به هم متصل و مرتبط می‌شوند. به لطف نورون‌های آینه‌ای، مغز با محیط اطراف خود مطابقت پیدا می کند. مغز بر احساسات، فرآیندهای فیزیولوژیکی، هورمون‌ها، حافظه، تمرکز، توانایی یادگیری و پردازش اطلاعات و غیره تأثیر می‌گذارد. فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز[1] (BDNF) اصطلاحی است که اغلب در هک زیستی مغز مورد بحث قرار

---

1 Brain-Derived Neurotrophic Factor

می‌گیرد، زیرا این پروتئین تخصصی باعث رشد نوروژنز (سنتز نورون‌های جدید) و نوروپلاستیسیته (توانایی مغز برای ایجاد مسیرهای عصبی جدید) می‌شود. این پروتئین عضوی از خانواده نوروتروفین‌ها است که شامل فاکتور رشد عصبی نیز می‌شود. BDNF در انعطاف‌پذیری سیناپسی نقش دارد، فرآیندی که به نورون‌ها اجازه می‌دهد ارتباطات را بر اساس تجربه تقویت یا تضعیف کند. همچنین در نوروژنز بزرگسالان، تشکیل نورون‌های جدید در مغز بزرگسالان، نقش دارد (شکل ۳).



شکل ۳: مسیرهای تاثیر BDNF در سامانه‌های عصبی.

درنتیجه BDNF عملکرد شناختی، یادگیری و حافظه را بهبود می‌بخشد و روند پیری طبیعی را کند می‌کند، همچنین خطر ابتلا به آلزایمر و سایر بیماری‌های عصبی را کاهش داده و برای مقابله با اختلالات سلامت روان مانند افسردگی و اضطراب، کمک می‌کند. برخی دانشمندان از BDNF معجزه رشد برای مغز شما[1] یاد می کنند. مشخص شده است که سطوح بالاتر BDNF با عملکرد کلی شناختی و حافظه بهتر مرتبط است و حتی ممکن است اثرات محافظت کننده عصبی را ارائه دهد. بر این اساس، بسیاری از هک‌های زیستی مغزی برای افزایش سطح BDNF افراد در نظر گرفته شده‌اند، اما فرض اصلی هک زیستی مغزی این است که فرد باید به طور منظم از مغز خود مراقبت کرده و آن را آموزش دهد. درنتیجه هر فرد باید برای ذهن خود مهندس نرم افزار باشد. برخی

1 Miracle Grow for the Brain

نمونه های هک زیستی مرتبط با مغز به شرح زیر است، مصرف نوتروپیک ها یا مکمل های تقویت کننده شناخت، استفاده از داروهای روانگردان (نظیر LSD)، تمرین حباب امواج مغزی، درمان با تحریک مغناطیسی ترانس کرانیال[1](TMS)، درمان نوروفیدبک، آرام بخشی یا مدیتیشن، نفس کشیدن، ورزش منظم برای تحریک تولیدBDNF، بازی های فکری مانند جدول کلمات متقاطع و سودوکو (۹-۱۱).

با توجه به اهمیت فناوری نوظهور هک زیستی، از سال ۲۰۱۴ آمریکا همایش‌هایی را در سطح ملی برگزار کرده است. اولین مورد آن در شهر سانفرانسیسکو به میزبانی *دیوآسپری* شروع شده و همایش دهم و یازدهم این اجلاس ملی با شعار زندگی فراتر از ۱۸۰ سال، به ترتیب در ۲۶ اکتبر ۲۰۲۴ و ۲۸ می ۲۰۲۵ در شهرهای دالاس و اوستین ایالت تگزاس برگزار شده است. لازم به توضیح است که هشتمین کنفرانس سالانه هک زیستی، در سال ۲۰۲۲ با میزبانی مرکز کارآفرینی Upgrade Labs به عنوان اولین مرکز ارتقای انسان در جهان (تاسیس شده توسط *آسپری*)، برگزار گردید. این کنفرانس که قبلا به عنوان کنفرانس ضد گلوله شناخته می شد، بزرگترین رویداد در نوع خود است. شعار این کنفرانس تماماً در مورد توقف ناپذیر بودن است و سخنرانان و مدیران این همایش قول داده بودند که ابزارها و مهارت های مورد نیاز شرکت کنندگان را برای رسیدن به آن فراهم کنند (www.upgradelabs.com).

در راستای هک مغز (ذهن)، دارپا برنامه و پروژه TNT [2] را برای هک مغز در ارتش آمریکا تعریف کرده است. برنامه آموزش نوروپلاستیتی هدفمند از آموزش بهبودیافته و سریع کارکنان نظامی در کارهای چندوجهی و پیچیده پشتیبانی می کند. نوروپلاستیسیته (یعنی تغییرات در شبکه های عصبی) زمینه ساز یادگیری مهارت های پیچیده بوده و این برنامه به بررسی استفاده از فناوری عصبی غیرتهاجمی در ترکیب با آموزش برای تقویت سیگنال‌های عصبی شیمیایی در مغز می‌پردازد که باعث شکل‌پذیری عصبی می‌شود و حفظ طولانی مدت مهارت‌های شناختی جدید را تسهیل می‌کند. برنامه TNT بر نوع خاصی از یادگیری یعنی آموزش مهارت های شناختی، تمرکز می کند. فرض بر این است

---

1 Transcranial magnetic stimulation

2 Targeted Neuroplasticity Training

که در زمان‌های بهینه در فرآیند تمرین، فعال‌سازی دقیق اعصاب محیطی از طریق تحریک می‌تواند ترشح مواد شیمیایی مغز مانند استیل کولین، دوپامین، سروتونین و نوراپی نفرین را افزایش دهد که باعث تقویت ارتباطات عصبی در مغز می‌شود. این به اصطلاح تعدیل کننده های عصبی نقشی را در تنظیم شکل‌پذیری سیناپسی ایفا می کند، فرآیندی که در آن اتصالات بین نورون ها برای بهبود عملکرد مغز در طول یادگیری تغییر می‌کند. برنامه TNT با ترکیب تحریک عصبی محیطی با شیوه‌های آموزشی مرسوم، به دنبال استفاده از مدارهای عصبی درون‌زا برای تقویت یادگیری با تسهیل تنظیم شبکه‌های عصبی مسئول عملکردهای شناختی است. این روش از تحریک عصب واگ[1] (VNS) برای آزادسازی نورومدولاتورهای شناخته شده پروپلاستیسیته پس از یک آزمایش صحیح استفاده می‌کند تا به طور خاص آن شبکه‌های عصبی که در انجام یک کار خاص دخیل بودند را تقویت کند (۱۲ و ۱۳). براین اساس دانشمندان طرحی تهاجمی برای استفاده از فناوری تحریک عصب واگ برای تسریع یادگیری زبان ترسیم کرده‌اند. یادگیری زبان، بستری ایده‌آل برای ارزیابی، توسعه و بهینه‌سازی این الگوی TNT فراهم می‌کند، زیرا نیاز به بهبود در حوزه‌های شناختی متعدد، از جمله ادراک، عملکرد حرکتی ماهرانه، درک مطلب و تصمیم‌گیری دارد. توانایی TNT در تسریع یادگیری و افزایش عملکرد در این حوزه‌ها ارزیابی شده و تعمیم‌پذیری بهبود را به عملکردهای مشابه، که یک جزء اصلی یادگیری است، آزمایش خواهد کرد. اگرچه تأکید اصلی بر یادگیری زبان است، انعطاف‌پذیری عصبی یک بستر جهانی یادگیری است و توانایی TNT در تسریع یادگیری احتمالاً به سایر مهارت‌های پیچیده نیز تعمیم خواهد یافت. در اغلب کاربری‌ها، از این فناوری قدرتمند برای بهبود آموزش توانبخشی و به منظور تقویت بازیابی مهارت‌های از دست رفته در اثر آسیب یا بیماری عصبی، استفاده شده است. در سال های گذشته، موفقیت‌هایی در توسعه پیش‌بالینی درمان‌های نوروپلاستیسیته مبتنی بر VNS برای وزوز گوش، آسیب مغزی تروماتیک، آسیب اعصاب محیطی، آسیب نخاعی، سکته مغزی،

---

1 vagus nerve stimulation

خونریزی داخل مغزی و استرس پس از سانحه[1] (PTSD) انجام شده که نتایج موفقیت آمیزی را نیز نشان داده است (۱۴).

سوال اصلی دراین خصوص این است که آیا می توان با استفاده از TNT و روش های غیرتهاجمی یک فرد آماتور را به یک دانشمند تبدیل کرد؟ آیا می توان افراد عادی را با هک مغزی مبتنی بر TNT به یک سرباز مجرب و خبره در حوزه های مختلف مبدل نمود؟ تلفیق این فناوری با فناوری ویرایش ژنی در هک ژنوم سلول های عصبی و مغزی، چه مسیری را در طراحی و تولید سربازان بهتر و باهوش‌تر ایجاد خواهد کرد؟ *فنگ ژانگ*[2] بیوشیمیست چینی-آمریکایی و از پیشگامان فناوری ویرایش ژنی، در سال ۲۰۱۷ کتاب **ویرایش ژنی در علوم اعصاب**[3] را منتشر کرد که در این کتاب نحوه استفاده از ابزارهای ویرایش ژنوم نظیر CRISPR-Cas9 را برای توسعه و عملکرد سیستم عصبی و ارتقا مغزی، علل مولکولی اختلالات عصبی و ابزارهای لازم برای ژن‌درمانی مغزی تشریح کرده است (۱۵). براین اساس دانشمندان آمریکایی روشی را توسعه دادند که آن را برچسب‌گذاری تک سلولی پروتئین‌های درون‌زا توسط ترمیم هدایت‌شده با همولوژی مبتنی بر CRISPRCas9 [4] (SLENDR) می‌نامند، که می‌تواند برای اصلاح دقیق DNA عصبی در نمونه‌های زنده مورد استفاده قرار گیرد. در مدل‌های تجربی، از الکتروپوریشن در رحم استفاده شده است، تکنیکی که به دانشمندان اجازه داد تا سیستم CRISPR/Cas9 را در سلول‌های مغزی قبل از تولد که هنوز در حال رشد و تقسیم است، وارد کنند. بنابراین، DNA شکسته هنوز از طریق ترمیم هدایت‌شده با همولوژی (HDR) در حال ترمیم است و به محققان اجازه می‌دهد ژنی را اضافه کنند که پروتئین مورد نظر را در زیر میکروسکوپ قابل مشاهده می‌کند (شکل ۴).

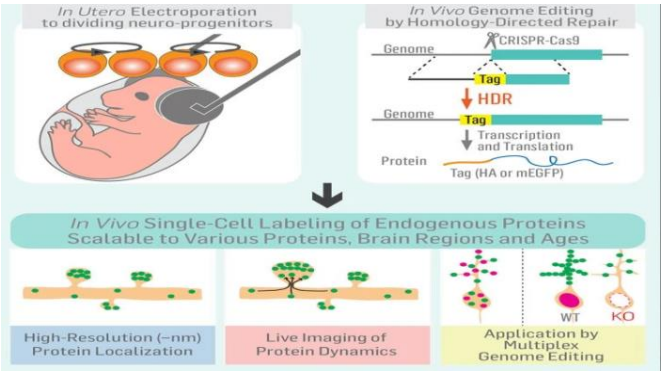
---

1 Post-traumatic stress disorder

2 Feng Zhang

3 Genome editing in neurosciences

4 single-cell labeling of endogenous proteins by CRISPRCas9-mediated homology-directed repair



شکل ۴: تصویری از تکنیک SLENDR روشی نوین، مقیاس‌پذیر، کارآمد و مقرون‌به‌صرفه برای مکان‌یابی دقیق و سریع پروتئین‌ها در سلول‌های مغزی (۱۶).

محققان توانستند با این روش دو پروتئین مختلف را با رنگ‌های متمایز به طور قابل اعتمادی همزمان در یک سلول برچسب‌گذاری کرده و از روش‌های تصویربرداری متنوعی و همچنین تعیین توالی DNA استفاده کردند تا تأیید کنند که روش SLENDR ژن‌ها را به طور واقعی و دقیق وارد کرده است (۱۶).

همچنین در سال ۲۰۱۲ کتاب **جنگ های ذهنی: علوم مغزی و نظامی در قرن ۲۱**[1] توسط *جاناتان مورنو*[2] استاد اخلاق دانشگاه پنسیلوانیا، به چاپ رسید. جنگ‌های ذهنی عموماً به نبردهایی اطلاق می‌شود که با استفاده از روش‌هایی که ذهن را هدف قرار می‌دهد، از جمله جنگ روانی، فریب و دستکاری، انجام می‌شود. اصول بنیادی در این جنگ (که گاهی بنام بعد ششم نبردهای آینده، معرفی شده است) می‌تواند شامل کاربردهای نظامی علوم اعصاب (توسعه داروها یا فناوری برای تغییر وضعیت روانی)، یا شامل تکنیک‌های گسترده‌تر مهندسی اجتماعی (که برای تأثیرگذاری بر باورها و رفتارها استفاده می‌شود)، باشد. در این کتاب مطالب جذابی در مورد تحریک عمیق مغز، هورمون‌های عصبی، بازجویی و انگشت نگاری مغزی ارائه داده شده است. آزمون‌های کنترل ذهن، عملیات‌های روانی، داروهایی که هم ترس و هم نیاز به خواب را از بین می‌برد، کاشت میکروچیپ در مغز و پروتزهای پیشرفته، ساخت ابرسربازها و ارتش‌های

---

1 Mind Wars: Brain Science and the Military in the 21st Century

2 Jonathan D. Moreno

رباتیک، مورد بحث جدی در این کتاب است. جنگ‌های ذهنی ممکن است مانند داستان‌های علمی تخیلی یا فیلم های هالیوودی به نظر برسد، اما موضوعات آن بسیار واقعی بوده و می‌تواند مسیر جنگ های مدرن آینده را تحت تاثیر قرار دهد. در فصل ششم این کتاب به ساخت سربازان باهوش اشاره دارد، برای این منظور به نقش گاماآمینوبوتریک‌اسید (GABA) و متیل‌آسپاراتات (NMDA) در افزایش توانمندی‌های مغزی، کسب مهارت و یادگیری و همچنین استفاده از جریان الکتریکی جهت تحریک نرون های مغزی به منظور افزایش توانمندی مغز اشاره کرده است. علاوه براین تسکین احساسات افراد با کنترل ترشح هورمون های اپی نفرین و نوراپی نفرین مورد تاکید قرار دارد (۱۷).

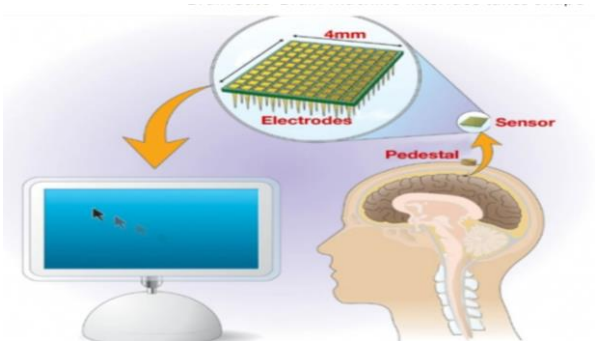
امروزه نقش برخی ژن‌ها نیز به عنوان بیومارکرهای شناختی اثبات شده است. یکی از این ژن‌ها، استاتمین[1] است. استاتمین، یک عامل بی‌ثبات‌کننده میکروتوبول بوده و می‌تواند فاکتورهای شناختی ترس، اضطراب و یادگیری را تنظیم کند. در برخی منابع از استاتمین به عنوان ژن ترس نام می‌برند. آزمون‌های حیوانی بر روی موش‌هایی که در آنها این ژن حذف شده است، بیانگر نقش این ژن بر پارامترهای رفتاری و نشانگرهای دوپامینرژیک بوده است. بطوریکه موش‌های ترانس‌ژنیک فاقد این ژن در مقایسه با موش‌های وحشی دارای بیش‌فعالی مضطرب، اختلال در تشخیص اشیا و کاهش سطح رفتارهای خنثی و اجتماعی بودند (۱۸). براین اساس آیا احتمال ساخت سربازان شجاع و جسور با تحریک ژن استاتمین در آینده وجود دارد؟

یکی از برنامه‌های جذاب در حوزه مغزی برنامه BrainGate است که با توسعه رابط‌های مغز و رایانه[2] (BCI) بدنبال افزایش کارایی و عملکرد مغزی است. دارپا از دهه ۱۹۷۰ میلادی، تحقیقات علمی نوآورانه و توسعه فناوری در زمینه BCI را حمایت و تأمین مالی کرده است. دارپا دو هدف کلی را از این حمایت دنبال می کند: بازیابی عملکرد عصبی و رفتاری، و همچنین بهبود آموزش و عملکرد انسان (۱۹). BrainGate اولین استفاده انسانی از BCI بی‌سیم با پهنای باند بالا است. BCI یک فناوری کاربردی است

1 Stathmin

2 brain-computer interfaces

که افراد مبتلا به فلج را قادر می‌سازد تا فقط با فکر کردن به حرکت دادن بدن خود، روی صفحه نمایش رایانه تایپ کرده یا پروتزهای رباتیک را دستکاری کند. سال‌هاست که BCIهای تحقیقاتی مورد استفاده در آزمایش‌های بالینی به کابل‌هایی برای اتصال آرایه حسگر در مغز به رایانه‌هایی که سیگنال‌ها را رمزگشایی کرده و از آنها برای راه‌اندازی دستگاه‌های خارجی استفاده می‌کند، نیاز داشته‌اند. اما امروزه در آزمایشات بالینی با استفاده از یک BCI بی‌سیم و درون قشری با یک فرستنده بی‌سیم خارجی فعالیت صورت می گیرد. این سیستم قادر به انتقال سیگنال‌های مغزی با وضوح تک نورونی و با دقت کامل پهنای باند و بدون اتصال فیزیکی کاربر به یک کابل است. کابل‌های سنتی با یک فرستنده کوچک کمتر از ۲ اینچ و وزن حدود ۱٫۵ اونس جایگزین می‌شود. این واحد روی سر کاربر قرار می‌گیرد و با استفاده از همان پورتی که توسط سیستم‌های سیمی استفاده می‌شود، به یک آرایه الکترود در قشر حرکتی مغز متصل می‌گردد. محققان نشان داده‌اند که این سیستم بی‌سیم از نظر عملکردی معادل سیستم‌های سیمی است که سال‌ها استاندارد طلایی در عملکرد BCI بوده‌اند. این سیگنال بی‌سیم با پهنای باند بالا، تحقیقات بالینی و علوم اعصاب پایه انسانی را امکان‌پذیر می‌کند که انجام آن با BCIهای سیمی بسیار دشوارتر است. مدیر اجرایی برنامه بالینی BrainGate معتقد است با این فناوری می توان به نقش سیگنال‌های عصبی در طول زمان و تکامل آن پی برد. با این سیستم، می‌توان فعالیت مغز را در خانه، در دوره‌های طولانی به روشی که قبلاً تقریباً غیرممکن بود، بررسی کرد. این روش به دانشمندان کمک می‌کند تا الگوریتم‌های رمزگشایی را طوری طراحی کنند تا بازیابی یکپارچه، واضح و قابل اعتماد ارتباط و تحریک را برای افراد مبتلا به فلج فراهم نماید. در دسامبر سال ۲۰۰۴، یک BCI در ابعاد ۴ میلی متر و به اندازه یک قرص آسپرین توسط شرکت آمریکایی سایبرکینتیکس به صورت بالینی روی مغز انسان، کاشته و آزمایش شد (شکل ۵). این دستگاه می‌تواند از طریق تبدیل افکار به کنترل مستقیم رایانه، نوعی ارتباط را برای بیماران فلج یا دارای اختلال حرکتی فراهم کند (۲۰). فناوری که این پیشرفت را در زمینه BCI هدایت می‌کند، کاربردهای بالقوه بی‌شماری دارد، از جمله توسعه تقویت انسان برای اهداف نظامی و تجاری. دانشمندان براین عقیده اند که با استفاده از برنامه BrainGate می توان پهنای باند مغز سربازان را افزایش داد.



شکل ۵: تصویری از کاشت تراشه BCI در مغز انسان طی برنامه BrainGate.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد:

(الف) نتیجه‌گیری

در حال حاظر پیشرفت های سریعی در زمینه شناخت مدار های عصبی پیچیده مغزی، درک و کنترل فرآیندهای عصبی، احساسات و رفتار، در حال انجام است و فرصت‌های عظیمی را ارائه می‌کند که می‌تواند به میزان زیادی برای سلامت انسان مفید باشد. با این حال، همانطور که در مورد بسیاری از فناوری های متحول کننده قبلی مشاهده شده، پتانسیل استفاده نادرست از این پیشرفت های علمی در حال افزایش است. برنامه های ناشی از همگرایی این تلاش ها با سوء استفاده از این اطلاعات، باعث می شود درک خطرات فعلی و نوظهور در تقاطع هک مغزی و امنیت زیستی بسیار پر اهمیت گردد. چراکه سلامتی و رفتار ما می تواند با دستکاری در فرایند های عصبی تغییر کند. در عصری که فناوری‌های دیجیتال در حال تغییر درک ما از ذهن است، هک عصبی محبوبیت پیدا کرده است و دانشمندان، پزشکان، کارآفرینان و علاقه‌مندان کنجکاو را مجذوب خود کرده است. برمبنای تئوری های علمی زمانی که شما از یک فناوری در جهت مثبت و مفید استفاده می کنید می توانید آن را در جهت منفی و مضر نیز استفاده کنید. درنتیجه آینده شاهد بروز نروهکرهای جدید به منظور مهار فعالیت های طبیعی مغز افراد مورد نظر، با طراحی عوامل خطرناک زیستی و همچنین هک ژنوم خواهد بود. توسعه علوم همگرایی نظیر زیست‌شناسی دیجیتال (سایبر) و زیست شناسی‌بیگانه (زنوبیولوژی) سبب ایجاد فرصت های جدید و جذاب برای هکرهای عصبی شده است تا سبب حکمرانی ایشان بر تراشه‌های کاشتنی در مغز و ارگانیسم‌های سایبورگ گردد. به همین خاطر مرکز مقابله با تروریسم آمریکا، در گزارشی که سال ۲۰۱۴ منتشر کرد، هکرهای زیستی

را تهدیدی برای امنیت ملی آمریکا معرفی کرده و مدیر فناوری های زیستی دارپا نیز در کنفرانس هک زیستی سال ۲۰۱۸، به هکرهای زیستی در خصوص عواقب کار خود هشدار داده است. به اعتقاد متخصصین این حوزه، علوم اعصاب به سلاح تبدیل نشده است، بلکه از همان ابتدا یک ابزار جنگی بوده است (۲۳-۲۱). درنتیجه در عصر فناوری‌های نوظهور و شالوده‌شکن، رصد و دیده بانی آن‌ها به منظور بکارگیری مفید و موثر آن در حوزه زیست و سلامت و همچنین آشنایی با مخاطرات آن در راستای جلوگیری از غافلگیری فناوری و شناسایی مسیرهای مقابله و پدافندی آن‌ها، بسیار امری ضروری و حیاتی است.

تشکر و قدردانی:

از همه اساتید و عزیزانی که با مشاوره خود، پژوهشگر را یاری نمودند مراتب تشکر و قدردانی دارم.

تضاد منافع:

بدینو سیله نوی سندگان این مقاله ت صریح دارند که هیچگونه ت ضاد منافع در انجام این پژوهش وجود ندارد.

منابع:

1. Zeinoddini M., Mardashti Z. (2024) Biohacking: future opportunities and biothreats. J Military Med. 26(5): 2480-92. doi: 10.30491/jmm.2024.1006667.1175.

2. Pennisi E. (2000) Human genome. Finally, the book of life and instructions for navigating it. Science. 30;288(5475):2304-7. doi: 10.1126/science.288.5475.2304. PMID: 10917823.

3. Fatollahi Arani S., Zeinoddini M. (2023) Gene editin: biosecurity challenges andrisks. J Police Med. 12(1): 1-19. doi: 10.30505/12.1.9.

4. Grewe-Salfeld M. Biohacking, Bodies and Do-It-Yourself: The cultural politics of hacking life itself. Verlag, Bielefeld, 2022.

5. Wexler A. (2017) The Social Context of "Do-It-Yourself" Brain Stimulation: Neurohackers, Biohackers, and Lifehackers. Front Hum Neurosci. 10; 11:224. doi: 10.3389/fnhum.2017.00224 .

6. Porto N. Neurohacking: A guide for the mental revolution of the 21st century. Amazon Digital Services LLC, 2024.