

Narrative Review

An Overview of the Technical Limitations of Applying the fMRI Method in Neurolaw

Arian Petoft¹

1. Assistant Professor, Department of Public Law, University of Maragheh, East Azerbaijan, Iran.

Email: arian_petoft@ut.ac.ir

Received: 17 Oct 2019 Accepted: 14 Dec 2019

Abstract

Background and Aim: Similar to the other sciences, there are theoretical and technical challenges in neurolaw science. This study provides an overview of the current limitations of fMRI-based lie detection technique in the context of neurolaw.

Materials and Methods: In this narrative review the current limitations of fMRI-based lie detection technique are discussed in summary to depict a scientific realm of neurolaw in this regard.

Findings: Some of the technical limitations that neurolaw faces are derived from deficiencies in current neuroscience techniques and employing neuroscientific evidence in judicial procedurs. Currently, the complexity of the human brain, on the one hand and some errors of the neuroscience tools, on the other hand, have been led to a legal conservative approach in employing neuroscience findings. It seems that the main limitations resulted from the problems with fMRI-based experiments. Regarding to some major drawbacks in fMRI research, neuroscientific evaluations of subjective experiences have not been properly validated by judges for three reasons: shortage of the findings; involvement of other subjective experiences in the legal review of events; unusual mental states of individuals in legal events.

Conclusion: Thus, despite the useful application of fMRI evidence in law, such presumptions are still used alongside other evidence in judicial proceedings (adjunct presumption) and lie-detection techniques are not judicially admissible yet.

Keywords: Neurolaw; Technical Limits; Neuroscientific; fMRI; EEG

Please cite this article as: Petoft A. An Overview of the Technical Limitations of Applying the fMRI Method in Neurolaw. *Bioethics Journal* 2019; 9(34): 95-107.

نوع مقاله مروری

مرور اجمالی محدودیت‌های فنی کاربرد روش دروغ‌سنج fMRI در حقوق عصب‌شناختی

آرین پتفت^۱

۱. استادیار حقوق عمومی، دانشگاه مراغه، آذربایجان شرقی، ایران. Email: arian_petoft@ut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۸/۷/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: دانش حقوق عصب‌شناختی یا عصب-حقوق، همچون سایر علوم انسانی و تجربی دارای چالش‌های نظری و فنی است. این مطالعه به مرور اجمالی محدودیت‌های فنی کاربرد روش دروغ‌سنج تصویرسازی تشدید مغناطیسی کارکردی (fMRI) در حقوق عصب‌شناختی پرداخته است.

مواد و روش‌ها: در این مرور روایتی محدودیت‌های فنی کنونی دانش حقوق عصب‌شناسی مورد بحث و تحلیل قرار می‌گیرد تا علاوه بر شناخت فرصت‌ها و چالش‌های موجود، شمای کلی اعتباری این علم ترسیم شود.

یافته‌ها: برخی از محدودیت‌های فنی که عصب-حقوق با آن مواجه است به نقایص موجود در تکنیک‌های کنونی علوم اعصاب و کاربرست شواهد عصب‌شناختی در دادرسی قضایی باز می‌گردد. پیچیدگی مغز انسان از یک‌سو و محدودیت‌ها و خطاهای ابزارهای علوم اعصاب از سوی دیگر موجب شده که امروزه در بهره‌گیری از یافته‌های عصب‌شناسی در حقوق، با محافظه‌کاری خاصی، به امارات متقن و فرضیه‌های اثبات‌شده آن اکتفا شود. به نظر می‌رسد که عمده محدودیت‌های عصب-حقوق از اشکالات موجود در روش fMRI منتج می‌شوند. با توجه به برخی اشکالات عمده در تحقیقات fMRI، ارزیابی‌های عصب‌شناختی تجربه‌های ذهنی، به سه دلیل نزد دادرسان بعضاً اعتبار قضایی نیافته‌اند: امکان نقصان یافته‌ها؛ آمیختگی تجربه‌های ذهنی دیگر در بررسی حقوقی رخدادها؛ وضعیت‌های غیر معمول روحی-روانی افراد در رویدادهای حقوقی.

نتیجه‌گیری: به‌رغم کاربرست مفید شواهد fMRI در حقوق، به‌دلایل مورد اشاره، از این‌گونه امارات هم‌اکنون در کنار سایر ادله موجود در دادرسی‌های قضایی استفاده می‌شود (ادله انضمامی اثبات دعوی) و هنوز شواهد دروغ‌سنجی به این طریق نیز به عنوان اماره در دادگاه‌ها پذیرفته نیستند.

واژگان کلیدی: حقوق عصب‌شناختی؛ محدودیت‌های فنی؛ شواهد عصب‌شناختی؛ fMRI؛ EEG

مقدمه

حقوق عصب‌شناختی یا عصب-حقوق (Neurolaw)، دانش میان‌رشته‌ای مدرنی است که کلیه پدیده‌های حقوقی را با رویکرد عصب‌شناختی و از رهیافت رابطه میان مغز انسان و آثار حقوقی منتج از رفتار وی در جامعه، بررسی کرده و مبتنی بر یافته‌های ثبوتی-اثباتی خود، کارکردهای هنجاری و عملی نوینی برای نظام حقوقی به ارمغان می‌آورد (۱). بدیهی است که دانش عصب-حقوق همچون سایر علوم انسانی و تجربی دارای چالش‌های نظری و فنی است (۲). در حال حاضر، برخی از محدودیت‌های فنی که عصب-حقوق با آن مواجه است به نقایص موجود در تکنیک‌های کنونی علوم اعصاب و کاربرست شواهد عصب‌شناختی در دادرسی قضایی باز می‌گردد (۳). عدم قطعیت و احتمالاتی که در برخی فرایض موجود در علوم اعصاب مبتنی بر فناوری‌های روان-عصب‌شناختی وجود دارد، موجب شده که حقوق‌دانان در اعمال آن‌ها در قلمرو حقوق، که با وقایع اثباتی و متقن سر و کار دارد، محافظه‌کاری خاصی به خرج داده و یا حتی به اقدامات بازدارنده متوسل شوند (۴).

مغز انسان پیچیدگی بسیار زیادی دارد و در مطالعه پدیده‌های عصبی اغلب برخی حقایق از نظر محققین پوشیده مانده و یا تبیین آن‌ها با ابهاماتی همراه است. از سوی دیگر، ابزارهایی که دانشمندان برای مطالعه مغز به متخصصین علوم اعصاب معرفی می‌کنند همواره محدودیت‌ها و خطاهایی دارند که بعضاً نتایج مطالعاتی را با نقصان و یا داده‌های متناقض مواجه می‌سازند (۵). در مطالعه داده‌های مغز انسان و همچنین در بهینه‌سازی تکنیک‌های علوم اعصاب، شاهد رشد و بلوغ روزافزون دانش عصب‌شناسی هستیم و این علم همچون سایر علوم تجربی، در سیر تکاملی خود قرار دارد. لذا در بهره‌گیری از یافته‌های علوم اعصاب در حقوق، باید به فرضیه‌های اثبات‌شده آن اکتفا کرد؛ برای نمونه، در یکی از مطالعات اخیر نشان داده شد که در آزمایش‌های دروغ‌سنجی (fMRI) Functional Magnetic Resonance Imaging با روش بررسی سازگاری «شواهد و مدارک» با «اعتقاد» فرد، عوامل مداخله‌کننده‌ای از جمله تجربیات ذهنی ناشی از ضمیر

ناخودآگاه وجود دارند که می‌تواند در صحت علمی نتایج حاصله شبهه و تردید ایجاد کند (۶). همچنین بررسی‌های کنونی در رابطه با سنجش جانب‌داری دادرسی نسبت به طرفین دعوی به طریق تکنیک‌های fMRI نیز به سبب عامل-هایی همچون فریب‌کاری ذهنی، واکنش‌های عصبی اخلاک‌گر در وضعیت استرس‌زای دادرسی و برخی دیگر موارد، چندان قابل اتکا نیست (۷). از این رو، شواهد این‌گونه تکنیک‌های عصب‌شناسی در دادرسی‌ها تاکنون اعتبار نیافته و قابلیت استناد حقوقی ندارند (۸)؛ اما از سوی دیگر برخی یافته‌های نوین علوم اعصاب که اعتبار علمی بسزایی دارند در نظام‌های حقوقی کشورهای پیشرفته همچون ایالات متحده آمریکا به کار گرفته شده‌اند؛ از جمله می‌توان به مسأله آسیب‌پذیری جدی مغز افراد در دوران کودکی اشاره کرد که موجب شد تا در رویه قضایی آمریکا از دادرسی افتراقی برای اطفال معارض قانون بهره‌جسته و بازداشتگاه‌ها و دادگاه‌های مجزایی را برای آنان به کار بگیرند (۹).

مسأله اصلی که مطالعه حاضر به دنبال آن است مرور محدودیت‌های فنی کاربرد روش دروغ‌سنج در حقوق عصب‌شناختی است تا علاوه بر بررسی فرصت‌ها و چالش‌های موجود، شمای کلی اعتباری این علم ترسیم شود. به دلیل نبود ادبیات در این حوزه، تدقیق و تأمل در این امر جامعه علمی را با حدود مشخص و قابل اتکای علمی ارتباط میان حقوق و علوم اعصاب در عصر حاضر روشن کرده و از این طریق، مطالعات عصب-حقوق را به سمت و سوی درستی هدایت می‌کند و از مسیرهای احتمالی انحرافی و اغراق در نتایج یافته‌ها بازمی‌دارد.

مواد و روش‌ها

در این مرور روایتی محدودیت‌های فنی کنونی دانش حقوق عصب‌شناسی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد تا علاوه بر بررسی فرصت‌ها و چالش‌های موجود، شمای کلی اعتباری این علم ترسیم شود. مؤلف، به عنوان نظریه‌پرداز دانش حقوق عصب‌شناختی در کشور با تقریر این مقاله سعی کرده است تا بخش مهمی از نتایج تحقیقات خود را در رابطه

با محدودیت‌ها و نقایص تکنیک دروغ‌سنجی fMRI به رشته تحریر در آورد (۱-۲).

۱- بررسی اخلاقی امکان‌سنجی دسترسی به اطلاعات مغز

بدیهی است که اولین مسأله‌ای که در رابطه با دروغ‌سنجی ادعای افراد از طریق ابزارهای علوم اعصاب خصوصاً fMRI مطرح می‌شود، امکان دسترسی به اطلاعات مغز آنان است (۶). بی‌گمان یکی از چالش‌های اخلاقی مسائل کنونی دانش عصب-حقوق، ذهن‌خوانی و دسترسی به اطلاعات مغز است. اگر وجه اخلاقی این امر قابل اثبات و دفاع نباشد، مسأله دروغ‌سنجی از اساس موضوعیت نداشته و سالبه به انتفای موضوع خواهد بود. به رغم آثار علمی متعددی که در رابطه با مسأله ذهن‌خوانی و دسترسی به اطلاعات مغزی در دانش «اخلاق عصب‌شناختی» (Neuroethics) مطرح است، این امر همچنان در محافل علمی میان اندیشمندان مختلف مورد اختلاف است (۱۰).

مخالفین دسترسی به اطلاعات مغز انسان معتقدند که چنانچه دانش پزشکی به دستاویزی برای حقوق مبدل شود و دستاوردهای عصب‌شناسی به‌مثابه ابزاری برای استفاده از اطلاعات مغزی در دادرسی باشد، دو پیامد منفی جدی در پی خواهد داشت (۱۱): اول، انحراف مسیر؛ دانش پزشکی از رسالت خود مبنی بر حفظ سلامت افراد و درمان بیماری فاصله گرفته و به مرور زمان به علمی ابزاری تغییر می‌یابد که دغدغه عمده آن خدمت به علوم اجتماعی بوده و از هدف اصلی خود بازخواهد ماند. دوم، تجاوز به حریم خصوصی افراد؛ منتقدان با اشاره به اصل اختیاری بودن درمان و آزمایش پزشکی، اذعان می‌دارند که استفاده از ابزارهای علوم اعصاب با الزامات قانونی موجب اجبار افراد به آزمایش‌های عصب‌شناختی و یا حتی روش‌های درمانی آن می‌شود و این علاوه بر این‌که با اصل اخلاقی احترام به استقلال فردی مغایرت دارد، تعرض جدی به حریم خصوصی افراد محسوب شده و بستر مخاطره‌انگیزی برای تسهیل تجاوزات آتی فراهم می‌آورد؛ به طوری که حریم ذهنی هیچ کس از تعرضات احتمالی در امان نخواهد بود (۱۲).

مدافعین ذهن‌خوانی و آشکارسازی اطلاعات مغز در پاسخ به انتقادات وارده به اثر مثبت کاربست شواهد عصب‌شناختی در حقوق اشاره می‌کنند. به بیان آنان، اطلاعات مغز می‌تواند همچون سایر امارات و شواهد اثبات دعوی در دادرسی، به روشن‌تر شدن حقیقت کمک شایانی کند و از آن جا که استفاده از کلیه اقدامات مشروع برای کشف حق، نزد دادرس از اقتضائات حداقلی عدالت است، لذا تجویز استفاده از فناوری‌های نوین در حقوق، امری معقول و حتی ضروری است؛ کاربست تکنیک‌های عصب‌شناسی در رسیدگی‌های قضایی نیز از این قاعده مستثنی نیست. همچنین، این دسته از اندیشمندان با اشاره به اصل انطباق در حقوق بیان می‌دارند که مسلماً حقوق نیز همچون سایر علوم انسانی باید گزاره‌ها و نظریه‌های خود را با یافته‌ها و فناوری‌های روز انطباق دهد و سنت‌گرایی موجب می‌شود که نظام حقوقی در مسیر عدالت-محوری پیشرفتی نداشته باشد. از آنجا که فناوری‌های نوین علوم اعصاب دادرس را برای نیل به اهداف متعالی خود در این مسیر یاری می‌رساند، استعانت حقوق بر تکنیک‌های علوم اعصاب امری ناگزیر است (۱۳).

با عنایت به دو مکتب فکری فوق، شاید بتوان حد وسطی را قائل شد که نه با اندیشه رادیکالی در ورطه افراط‌گرایی بیفتیم و استفاده از یافته‌های نوین علوم اعصاب را در حقوق از اساس انکار کنیم و نه با امعان رویکرد تفریطی، استعانت بر تکنیک‌های علوم اعصاب را در حقوق طوری آزاد بگذاریم که از مسیر اصلی خود منحرف شده و موجبات سوء استفاده و تجاوز به حقوق فردی و حریم خصوصی افراد را فراهم آوریم. با تدقیق در اندیشه هر دو گروه، می‌توان بیان داشت که در صورت وجود فرایند مشخصی مبنی بر اخذ رضایت آگاهانه و آزاد از افراد برای دسترسی به اطلاعات مغز آنان این امر مغایرتی با موازین اخلاقی و حقوقی نداشته و از طرفی نیز از منفعت دستاوردهای نوین علمی در حقوق بی‌بهره نخواهیم ماند. در واقع مطالعه بر رویه قضایی نظام‌های پیشرفته حقوقی همچون ایالات متحده آمریکا، کانادا و انگلستان نیز به این مسأله صحه می‌گذارد (۱۴)؛ در این کشورها، اصل اختیاری و آزاد بودن آزمایش‌های عصب‌شناختی به رسمیت شناخته شده

و اجبار به این‌گونه آزمایش‌ها به جز برخی موارد استثنا و معدود (بیم تلف جانی [مانند مخاطرات تروریستی] و یا امید جدی به بهبود سلامتی [مانند توانبخشی بزهکار دارای اختلال عصبی به جای حبس وی]) منع شده است.

۲- مسأله تفریق شناختی و نظریه ورودی محض

fMRI ابزاری است که محققان را قادر می‌سازد تا فعالیت‌های شناختی مغز را مورد سنجش و بررسی قرار دهند و از آنجا که این فعالیت‌ها بخشی از محتوای رفتار فرد را تشکیل داده و می‌تواند حقایقی از آن را برای دادرس آشکار سازد، این تکنیک برای حقوق‌دانان از ارزش بسیار زیادی برخوردار است؛ به ویژه این‌که بتوان از این تکنیک برای دروغ‌سنجی استفاده و از عدالت حقوقی به طور مؤثری صیانت کرد. برای نمونه تحقیقات عصب‌شناسان بر روی مغز انسان نشان می‌دهد که می‌توان از طریق بررسی عملکرد مغز با ابزار fMRI رابطه مشخصی میان اعتقاد افراد (Belief) و مدارک و شواهد (Evidence) دریافت کرد که می‌تواند به عنوان یک روش کارآمد در تکنیک دروغ‌سنجی به کار گرفته شود (۶). fMRI مغز نشان می‌دهد که اگر آنچه را که فرد نسبت به مدارک و شواهد موجود ادعا می‌کند با عقاید و باور وی در تعارض باشد، عمدتاً قسمت سینگولیت خلفی (Anterior cingulate) و قدامی (Posterior cingulate) و نیز پرکونئوس (Precuneus) مغز فعال می‌شود. فعالیت این قسمت از مغز غالباً به دریافت تعارضات و تناقضات پرداخته و خطاها را پردازش می‌کند؛ این امر نشان دهنده این است که آنچه فرد مورد آزمایش ادعا می‌کند، با حقایق ذهنی وی و اطلاعات منقوش در مغز وی همخوانی و سازگاری ندارد و مغز وی به دلیل برخورد با داده‌های متناقض، به طور طبیعی یک واکنش عصبی در نواحی مذکور نشان می‌دهد تا مسأله مزبور را از طریق این قسمت‌های مغز پردازش کند؛ اما چنانچه ادعای فرد در ارتباط با شواهد و مدارک، با اعتقادات وی سازگاری داشته باشد، قسمت‌های پاراهیپوکامپال گریس (Parahippocampal gyrus) و کودیت (Caudate) مغز فعالیت می‌کنند. پاراهیپوکامپال گریس از ناحیه خاکستری مغز است که در ناحیه لیمبیک قرار داشته و با قسمت کودیت،

عملکرد یادآوری، حافظه و آموختن را برقرار می‌سازند. در واقع، سازگاری شواهد و موارد ادعای فرد موجب می‌شود که مغز انسان به یادآوری داده‌هایی بپردازد که پیش‌تر به عنوان اطلاعات معتبر در نظام اعتقادات و باورهای وی ثبت شده است و چنانچه این داده‌ها در اصل موضوع با اطلاعات پیشین مرتبط، یکسان و سازگار بوده و تنها موارد جزئی متفاوتی میان آن‌ها وجود داشته باشد، مغز تلاش می‌کند تا با پردازش موضوع در این قسمت‌ها، اطلاعات به روز شده و نتایج جدیدی از این داده‌ها به ذهن فرد ارائه کند (۶).

با این‌که این تکنیک نوید بخش تحولی بزرگ در عرصه اعتبارسنجی ادعای افراد و بررسی صحت یا کذب آن در قلمرو حقوق است، اما باید توجه کرد که این‌گونه یافته‌ها به سبب عوامل خارجی هنوز قابل اتکا نیست. بدین معنا که واکنش شناختی مغز به پدیده‌های معارض یا سازگار همواره یکسان نیست و لزوماً از الگوریتم مشخصی پیروی نمی‌کند؛ علت این امر این است که چه بسا با آمیخته شدن برخی دیگر از تجربیات ذهنی در فعالیت مغز فرد با آنچه مد نظر دادرس است، نتایج حاصله ضد و نقیض شده و یا اساساً ما را از حقیقت امر منحرف سازد؛ از طرفی وضعیت‌های حقوقی با ترس و تشویش همراه است و می‌تواند فعالیت شناختی مغز را تغییر دهد و این در حالی است که یافته‌های علوم اعصاب در تکنیک‌هایی همچون روش فوق در وضعیت طبیعی به‌دست آمده و لزوماً مؤید وضعیت‌های استرسی و هیجانی مغز نمی‌باشد. لذا هنوز نمی‌توان به شواهد حاصل از این‌گونه مطالعات در حقوق اعتبار بخشید (۹).

امروزه، اکثریت قریب به اتفاق نظریه‌ها در مورد مغز، ذهن، اراده آزاد، مسؤولیت حقوقی و مانند آن بر یافته‌های علوم اعصاب متکی هستند؛ اما باید توجه کرد که لزوماً مطالعات عصب‌شناختی بر مغز انسان با یافته‌های مسلمی همراه نیستند و تنها برخی از آن‌ها مبتنی بر تحلیل و آزمایش‌های علمی متقن ارائه شده و در سایر یافته‌ها، شبهات و نظریه‌های مجادله‌برانگیزی مطرح است (۱۵). همچنان‌که اخیراً در چندین کتاب اشاره شده که نتایج حاصل از fMRI، بعضاً اغراق‌آمیز تفسیر شده‌اند (۱۶-۱۷). آزمایش‌های fMRI بر

عملکرد نواحی مغز استوار است؛ اما به دلیل واکنش‌های بعضاً متفاوت مغز در حالات مختلف و نسبت به وقایع متعدد، این نگرانی وجود دارد که به یافته‌هایی اتکا شود که اساساً بر فرضیه‌های نادرستی مبتنی هستند؛ از جمله چالش‌های این امر، واکنش نقاط مغزی در روش «تفریق شناختی (Subtraction Cognitive)» عکس‌برداری مغز است. در این تکنیک، با استفاده از عکس‌برداری fMRI، کارکرد مغز در دو حالت «فعالیت کنترلی (Control Task)» و «فعالیت آزمایشی (Experimental Task)»، به طور تطبیقی مورد بررسی قرار می‌گیرند و شبکه‌های عصبی متمایز فعال در حالت فعالیت آزمایشی، در قیاس با حالت کنترلی، به عنوان شاخص وضعیت شناختی مغز انسان نسبت به پدیده مربوطه در نظر گرفته می‌شود (۱۸).

تکنیک تفریق شناختی، بر این فرضیه استوار است که شبکه نورونی بخش مشخصی از مغز در شناخت پدیده خاص، فعال می‌شود که متمایز از فعالیت شبکه نورونی دیگر مغز در فعالیت کنترلی است؛ برای نمونه، در شیوه آزمایش مشهور پترسن و همکاران وی (۱۹)، آن‌ها کوشیدند که از طریق تکنیک تفریق شناختی، فعالیت شناختی مناطق مختلف مغزی را در تشخیص، بیان و بازخوانی کلمات، شناسایی کنند. از جمله فرضیه‌های مبتنی بر این یافته، نظریه «ورودی محض (Pure insertion)» است که مطابق آن، وضعیت، نوع و دیگر مؤلفه‌های پردازش بصری مغز در مواجهه با تصویر واژگان نگاشته شده، متمایز از نوع مشابه آن در مشاهده تصاویر غیر زبانی است؛ برای نمونه، فعالیت مغز در پردازش واژه «چاقو» در قیاس با مشاهده تصویر آن متفاوت خواهد بود؛ اما مطالعات اخیر نشان می‌دهد که میان شبکه‌های نورونی مغز در شناخت پدیده‌ها، تعامل وجود دارد؛ چراکه اضافه شدن مؤلفه‌های شناختی باعث اضافه شدن شبکه‌های نورونی شناختی در فعالیت مغز می‌شود که به طور بالقوه موجب تغییر در عملکرد دیگر شبکه‌ها در پردازش پدیده مزبور می‌شود.

نظریه ورودی محض مدعی است که هیچ تعاملی میان اجزاء شناختی مغز در یک فعالیت خاص وجود ندارد؛ اما به طریق برخی آزمایش‌های کنونی این ادعا رد شده است (۲۰).

تعاملات شناختی میان شبکه‌های نورونی مغز (اثر یک متغیر بر دیگری) می‌تواند موجب بروز ابهاماتی در اطلاعات تصویربرداری مغز شود و این یکی از چالش‌های مهم پیش‌روی کاربست fMRI است. محققین برای مقابله با این معضل، راهکارهای مختلفی ارائه کرده‌اند (۲۱)؛ از جمله روش «فاکتوریل (Cognitive factorial)» در شناسایی آناتومی شناختی مغز که در عین تمایز مؤلفه‌های مشترک شبکه‌های شناختی مغز، تعامل میان آن‌ها را نیز مورد توجه قرار می‌دهد (۲۰).

۳- ارزیابی عصب‌شناختی تجربه‌های ذهنی

هر پیکسل صفحه نمایش fMRI، میانگین اندازه‌گیری فعالیت نورونی را در حدود یک ثانیه در مناطق مغز نشان می‌دهد و این در حالی است که سیگنال‌های نورونی، با سرعت هزار برابر رخ می‌دهند (در حدود میلی ثانیه) و این نشان‌دهنده خطای اندازه‌گیری بسیار زیاد fMRI در مقیاس میکروسکوپی، در بررسی فعالیت مغز است؛ در واقع، سیگنال‌هایی که در میلی ثانیه در مدارهای گسترده اطراف مغز اتفاق می‌افتد، هرگز در fMRI اندازه‌گیری نمی‌شوند. علاوه بر این، هیچ دلیل اثباتی وجود ندارد که رویداد ذهنی را به جریان خون این مناطق نورونی ربط بدهد، چراکه هزاران رخداد بیولوژیک دیگر در مغز وجود دارد که ناشناخته بوده و یا نمی‌توان اندازه‌گیری کرد. همچنین هنوز معلوم نشده که چگونه تغییر جریان خون آستروسیت‌ها (Astrocytes) می‌تواند به طور واقع، فعالیت نورون‌ها را نشان دهد. لذا در تبیین وقایع ذهنی در مغز و نیز فعالیت دقیق نورون‌ها، علم عصب‌شناسی هنوز راه طولانی در پیش دارد (۲۲).

آنچه بخش عمده‌ای از مطالعات عصب‌شناسی کنونی را تشکیل می‌دهد، شناخت ذهن از طریق تجزیه و تحلیل فعالیت نواحی مختلف مغز در ایجاد ظرفیت‌های شناختی است (۲۳)؛ اما یافته‌های منتج از بسیاری از تحقیقات fMRI که مبتنی بر جامعه آماری اندک هستند، استثنایزیرند؛ هرچند مطالعاتی که بر پایه موضوع مشخص، با جامعه آماری گسترده و در رابطه با قویترین مناطق فعال مغز صورت گرفته‌اند، یافته‌های ثبوتی یا اثباتی معتبرتری ارائه داده‌اند (۲۴-۲۵). بر

اساس این مطالعات دانشمندان دریافته‌اند که به دلیل وجود رویدادهای کوچک بسیار زیاد در فعالیت مغز، در حال حاضر هیچ یک از آن‌ها را نمی‌توان به طور مطلق با تجربه ذهنی مرتبط دانست. در عین این‌که مناطق مغز به روشنی برای فعالیت ذهن انسان ضروری هستند اما هیچ دلیلی وجود ندارد که مجموعه این نواحی را ذهن انسان تلقی کنیم؛ چراکه این مجموعه ممکن است دستگاه مولکولی باشد که ذهن از آن استفاده کرده و داده‌های شناختی آن را هدایت می‌کند (۲۶). لذا تعامل ذهن و مغز در شناخت پدیده‌ها و تأثیر آن بر فعالیت شبکه‌های نورونی، همچنان محل تأمل جدی است. همچنین، مطالعات مرسوم در علوم اعصاب، عمدتاً یک لحظه خاص در فعالیت مغز را اندازه‌گیری کرده و مهم‌ترین رخداد عصبی مغز را در آن لحظه در نظر می‌گیرند؛ اما این‌گونه مطالعات سه اشکال جدی دارد:

اول، در حقیقت، مطالعات جدید نشان می‌دهد که بسیاری از رخداد‌های عصبی کوچک وجود دارند که به ترتیب قبل و بعد از آن لحظه مورد مطالعه، در مقیاس زمان بسیار کمتر در مغز انسان پدید می‌آیند؛ بسیاری از این رخداد‌های کوچکی که در تحقیقات fMRI چشم‌پوشی می‌شوند در فعل و انفعالات مغزی نقش مهمی ایفا می‌کنند که بی توجهی به آن‌ها می‌تواند نتایج تحقیق را از واقعیت امر منحرف ساخته و یا بر پایه فرضیه‌های ناقصی قرار دهد؛ دوم، در دادرسی‌های قضایی، فعالیت نواحی مغز انسان پس از وقوع رخداد بررسی می‌شوند که در برخی موارد آثار آن چندان باقی نمانده و یا با تجربه‌های ذهنی دیگری ممزوج شده‌اند که توصیف و تشخیص فعالیت مغزی فرد مزبور را نسبت به پدیده حقوقی مربوطه با صعوبت همراه می‌سازد (۲۷-۲۸)؛ سوم، بسیاری از یافته‌های علوم اعصاب بر پایه مطالعه بر مغز انسان در حالت معمول و آرامش است و این در حالی است که مغز افراد در اغلب رویدادهای حقوقی در وضعیت استرسی، هیجان و یا ترس است؛ همین امر می‌تواند در تحلیل نتایج حاصله اخلاص ایجاد کند و یا اعتبار قضایی امارات عصب‌شناختی را محل اشکال قرار دهد (۲۹).

چالش جدی دیگری که در این‌گونه تحقیقات ذهن‌خوانی وجود دارد، تغییراتی است که در کل مغز و نه صرفاً منطقه خاصی از آن رخ می‌دهد. پیچیدگی شبکه‌های شناختی مغز و ارتباطات متکثر نورونی در پردازش مقولات ذهنی و عینی به حدی زیاد است که شاید هرگز نتوان الگوی جامع مطلق در فعالیت مغز انسان نسبت به پدیده واحد یافت. از جمله این‌که برای فعالیت یکسان و مکرر، الگوی شناختی واحد برقرار نمی‌شود؛ در حقیقت، مغز انسان در پردازش اعمال تکراری، الگوهای مختلفی را نشان می‌دهد، چراکه یادگیری و دریافت شناختی از پدیده نخست به عنوان تجربه ذهنی به پدیده تکراری بعدی تسری می‌یابد و پردازش پدیده مؤخر متفاوت از پیشین خواهد بود؛ مثلاً، تکرار مستمر فعالیت‌های آگاهانه در نهایت در مناطق حافظه عادات فرد نهادینه شده و موجد رفتار ناخودآگاه در وی می‌شود (۳۰). این امر به طور روشن در «ضمیرناخودآگاه (Subconscious Mind)» انسان مشهود است. در برخی مطالعات عصب‌شناسی، به تغییرات و رخ‌دادهای عصبی کل مغز (نه منطقه خاصی از آن) توجه می‌شود تا دریابند که فرد به چه چیز می‌اندیشد (۳۱). از این مطالعات به ذهن‌خوانی عصب‌شناختی می‌توان یاد کرد (۳۲). این در حالی است که شیوه‌های عکس‌برداری کنونی مغز انسان در تبیین مستقیم تجربه‌های ذهنی ناکارآمدند (۳۳). هر چند در برخی جوانب، از فعل و انفعالات عصبی مغز می‌توان به برخی وضعیت‌های ذهنی پی برد (۳۴)؛ از جمله احساس «درد (Pain)» (نه «صدمه (Damage)») که مطابق تحقیقات اخیر علوم اعصاب (۳۵)، به طور نسبی قابل اندازه‌گیری و تبیین است (۳۶). با وجود این، بعید است که مغز همه افراد به شیوه یکسانی نسبت به محرک‌های واحد واکنش نشان دهد، به ویژه زمانی که عامل محرک یا رفتار فرد دارای پیچیدگی باشد (۳۷). در بهترین حالت ممکن، می‌توان الگویی کلی از فعالیت مغز انسان نسبت به تجربه ذهنی خاص ارائه داد. لذا تعمیم یافته‌های علوم اعصاب به همه افراد در وضعیت واحد لزوماً صحیح نیست و عصب‌شناسان در بررسی مغز افراد، در کنار ملاحظه این یافته‌های کلی، به صورت موردی عمل می‌کنند؛ بنابراین، اگرچه عکس‌برداری‌های مغز ممکن است شواهد

معتبری برای حقوق باشند، اما بسیار بعید است که حقایق امر را به طور دقیق و متقن روشن کنند و لذا باید در کنار سایر ادله موجود به آن‌ها متوسل شد (ادله انضمامی اثبات دعوی) (۳۸)؛ و در صورت تعارض امارات و قرائن موجود با شواهد عصب‌شناختی، ادله متقن عینی، ارجحیت دارد؛ برای نمونه، اگر فردی را دیدیم که از یک سو، دچار شکستگی پا شده، به سبب هرگونه فشار بر آن شدیداً درد کشیده و فریاد می‌زند و از سوی دیگر، شواهد fMRI فقدان یا میزان کم درد را در فعالیت عصبی مغز نشان بدهد، به سبب عینی بودن اماره شکستگی پا بر وجود درد، علی‌الاصول به آن اتکا می‌شود (۳۹). لازم است تأکید شود که در استعانت به دانش عصب‌شناسی در حقوق باید تا حصول اطمینان از اعتبار علمی یافته‌های موجود، احتیاط کنیم. بسیاری از مطالب رسانه‌ای و ژورنالیستی در رابطه با یافته‌های نوین عصب‌شناسی پایه‌های محکم علمی ندارند و بعضاً مبتنی بر فرضیه‌ها و آزمایش‌های اعتبارسنجی نشده تقریر شده‌اند. به بیان چند تن از متخصصین عصب‌شناس: «... متوسط آماری اعتبار مطالعات کنونی علوم اعصاب بسیار پایین است. عواقب این امر می‌تواند شامل اعتماد بیش از حد به یافته‌ها و یا بازتولیدی کم نتایج حاصله [در آزمایش‌های دیگر] باشد» (۴۰). یکی از دانشمندان نیز به طور مشابهی اذعان می‌دارد: «نتایج مغالطه‌انگیز و اغراق‌آمیز در مطالعات علمی کنونی در سال‌های اخیر سهم قابل توجهی از آثار منتشر شده را به خود اختصاص داده‌اند. این مشکل در اقتصاد، علوم اجتماعی و حتی علوم تجربی شایع است، اما در زیست‌پزشکی بسیار جدی‌تر می‌باشد» (۴۱).

۴- ارتباط مستقیم با مغز

در برخی از روش‌های نوین عصب‌شناسی تلاش می‌شود تا عمدتاً با استفاده از ابزار fMRI، با افرادی که قادر به برقراری ارتباط نیستند، از طریق ارتباط مستقیم با مغز آنان، مکالمه کنند. یکی از مثال‌های شگفت‌انگیز این نوع تحقیقات اخیر، ارتباط مستقیم با افرادی است که از «اختلالات آگاهی (Disorders of consciousness)» رنج می‌برند (۴۲). این افراد دارای آگاهی هستند؛ اما سطح آگاهی آنان در یک یا چند وجه محدود شده است (۴۳). برخی افراد در «حالت

نباتی (Vegetative state)» دارای «حالت حداقلی هوشیاری (Minimally conscious state)» هستند (۴۴) که ممکن است پایدار مانده، بهبود یافته و یا به وضعیت کما بروند (۴۵). محققین تلاش کردند تا با مطالعه بر مغز چند نمونه از این افراد، از طریق به‌کارانداختن فعالیت شناختی مغزشان، با آن‌ها ارتباط برقرار کنند (۴۶)؛ به این صورت که آن‌ها را در دستگاه fMRI قرار دادند و دو مسأله متفاوت را از آنان درخواست کردند: مجسم کردن این‌که در حال بازی تنیس هستند («تصویرات حرکتی (Motor Imagery)») یا فکر کردن به پیاده روی در محله‌های اطراف («تصویرات محیطی (Spatial Imagery)»؛ اوئن و همکار علمی وی شاهد این بودند که مناطق مغزی مربوط به پردازش تصورات حرکتی و محیطی آنان فعال می‌شود (۴۵) و این نشان دهنده وجود سطحی از هوشیاری در آن‌هاست (۴۷). چالشی که امروزه دانش عصب-حقوق در این زمینه با آن مواجه است، اعتبار حقوقی این‌گونه شواهد می‌باشد (۷). حقوق به دنبال شواهد عصب‌شناختی معتبری است که دادرس را به حقیقت امر نزدیک کند؛ حال آن‌که، گمانه‌زنی در اعتبار پاسخ‌های عصبی مغز فرد به محرک‌ها و ابهامات وارد بر سطح هوشیاری و عقلانیت وی، معتبر بودن امارات حقوقی حاصله را تضعیف و حتی ساقط می‌سازد (۶). می‌دانیم که اهلیت در عمده اعمال حقوقی مستلزم داشتن عقل است. در علم حقوق، تعریف دقیقی از عقل وجود ندارد و تنها «جنون» را وجه نداشتن عقل تعریف کرده‌اند که از اسباب حجر است. حال آن‌که مطابق یافته‌های کنونی عصب-حقوق، عقل وضعیتی نسبی است که مؤلفه‌های متعددی چون سطح هوشیاری، آگاهی، فعالیت شناختی و تجربه ذهنی در آن دخیل هستند. با این اوصاف، آیا افرادی که در حالت نباتی یا حداقل شناختی قرار دارند و نسبت به محرک‌ها پاسخ عصبی نشان می‌دهند، عاقل محسوب می‌شوند؟ آیا به صرف این‌که در سطح کمتر از هوشیاری و ادراکات فرد سالم قرار دارند، مجنون تلقی می‌شوند؟ دریافت سیگنال‌های شناختی از مغز این‌گونه افراد تا چه میزان می‌تواند برای دادگاه اعتبار حقوقی داشته باشد؟ این‌ها چالش‌های فنی است که هم‌اکنون متخصصین عصب-حقوق با آن مواجه‌اند (۸).

۵- دروغ‌سنجی

یکی از کاربردهای مهم ابزارهای علوم اعصاب در حقوق، تشخیص واقعی دروغ و ادعای کذب است. در جدیدترین شیوه‌های دروغ‌سنجی عصب‌شناختی، دانشمندان در تلاشند تا حافظه افراد را بررسی کنند (۴۸). به عبارتی روشن‌تر، ادعایی که فرد نسبت به یادآوری برخی وقایع و اطلاعات بخصوصی دارد، سنجش می‌شود. واگنر در یکی از تحقیقات اخیر خود، حافظه انسان را با کمک تکنیک fMRI مورد مطالعه قرار داده است (۴۹). وی عکس‌هایی از ۴۷۶ چهره به افراد مورد آزمون نشان و به آنان چند دقیقه فرصت داد تا به آن‌ها نگاه و سعی کنند چهره‌ها را به خاطر بسپارند. سپس آنان را در دستگاه fMRI قرار داد و ۱۵۰ چهره به آن‌ها نمایش داد؛ نیمی از آن چهره‌ها پیش از آن دیده شده و نیمی دیگر مشاهده نشده بودند. از آنان خواسته شد تا یکی از دو دکمه را در صورتی که تا به حال چهره نمایش داده شده را دیده‌اند یا خیر فشار دهند. هنگامی که نتایج fMRI از مغز این افراد به دست آمد، وی توانست پیش‌بینی کند که هر یک از افراد مورد آزمون در مواجهه با هر تصویر، کدام دکمه را فشار خواهد داد؛ به عبارت دیگر، وی توانست الگوی مشخص پردازش مغز را در شناسایی تصاویر کشف و مشخص کند که آیا فرد مورد آزمون، تصویر را به خاطر آورده است یا خیر؛ اما پروفیسور واگنر در موارد معدودی می‌توانست پیش‌بینی کند که آیا آنان چهره نشان داده شده را واقعاً دیده بودند یا تصور می‌کنند که دیده‌اند. از این‌گو می‌توان برای دروغ‌سنجی ادعای یک فرد نسبت به مشاهده یا عدم مشاهده چهره یک یا چند شخص، استفاده کرد؛ مثلاً این‌که یکی از شهود ادعا کند که در صحنه جرم حضور داشته اما تا به حال چهره متهم را ندیده است؛ اما این شیوه به دلیل محدودیت‌هایی که در تحقیقات مذکور وجود دارد از بعضی جهات محل اشکال است و باید بیشتر تقویت شود؛ از جمله این‌که، ما مطمئن نیستیم که آیا فرد مورد آزمون، چهره آن شخص را واقعاً ندیده یا تصور می‌کند که ندیده است (چهره او خاطرش نمی‌آید)؛ لذا همین امر موجب ورود شبهه و تردید نسبت به اعتبار این‌گونه شواهد در حقوق می‌شود. در این شیوه تنها می‌توان تا حدودی اطمینان حاصل

کرد که آیا فرد مورد آزمون در این‌که ادعا می‌کند چهره شخصی را دیده یا خیر، صادق بوده یا دروغ می‌گوید، چه آن‌که واقعا به خاطر می‌آورد و یا تصور می‌کند که چهره برایش آشناست. در تکنیک مشابهی از نوار مغز EEG (Electroencephalogram) استفاده می‌شود که نسبت به fMRI دارای مزایای فراوانی است؛ از جمله ارزان‌تر بودن، قابلیت حمل و سهولت در استفاده (۵۰). در این روش به دنبال چیزی تحت عنوان سیگنال P300 اند (پاسخی که مغز حدود ۳۰۰ میلی ثانیه بعد از مواجهه با محرک‌ها می‌دهد) (۵۱). اگر این سیگنال اتفاق بیفتد، نشان می‌دهد که تصویر مشاهده شده، توجه فرد مورد آزمایش را جلب کرده است. با این حال، محققان بعد از انجام آزمایش‌های متعدد، هنوز مطمئن نیستند که آیا این واکنش عصبی نشان از این دارد که افراد تصویر را به یاد آورده‌اند، چهره مزبور را تشخیص داده‌اند و یا اساساً چنین واکنشی فقط یک رفلکس هیجانی است. لذا شیوه استفاده از سیگنال P300 در برخی از محافل علمی، چندان اعتبار ندارد (۵۲). اکثر افراد معتقدند که به دلیل وجود عامل‌های مبهم یا کشف نشده در این‌گونه رفلکس‌های عصبی مغز و همچنین پنداشت به نظر سهوی از سیگنال P300، در تحلیل نتایج یافته‌های این‌گونه تحقیقات اغراق‌آمیز عمل شده است. میکسنر، از جمله محققان این شیوه است که با نشان دادن سه عکس مربوط به یک سناریوی تروریستی، واکنش عصبی چند تن از فارغ‌التحصیلان دانشگاه را نسبت به محرک‌ها بررسی کرده است (۵۳). نتایج یافته‌های وی نشان می‌داد که با دقت بیش از ۹۰ درصد، می‌توان بر اساس واکنش P300 بیان داشت که فرد مورد آزمون چه تصاویری را قبلاً دیده است؛ البته این شیوه به خودی خود، دروغ‌سنجی محسوب نمی‌شود، چراکه فرد مورد آزمون دروغ نمی‌گوید و یا حتی چیزی بیان نمی‌کند؛ اما اگر پیش‌تر از فردی که مظنون یا شاهد ارتکاب اقدام مجرمانه بوده در رابطه با حضور وی در صحنه حادثه سؤال شود، روش P300 می‌تواند به عنوان یکی از راه‌های بررسی اعتبار ادعاهای وی مورد استفاده قرار گیرد. چالش اصلی این روش این است که اعتبار استنادی این‌گونه شواهد در حقوق محل تردید است؛ چراکه به رغم دقت بسیار

بالای این آزمایش، نمی‌توان اطمینان حاصل کرد که این واکنش عصبی به سبب یادآوری یا تشخیص حادثه بوده و یا صرفاً یک واکنش هیجانی نسبت به آن است. مادامی که اطمینان از این مقوله حاصل نشود، نتایج عصب‌شناختی روش P300 در بهترین حالت صرفاً می‌تواند شواهد تکمیلی در بیشتر روشن شدن حقیقت امر باشد نه ادله اثبات دعوی.

در حال حاضر بیش از ۳۰ مطالعه عصب‌شناختی نشان دهنده ارتباط مشخص میان الگوهای فعالیت مغزی و فعل و انفعالات عصبی در زمان دروغ‌گویی است (۵۴-۵۵). فارغ از این‌که تمامی الگوهای به‌دست آمده از مغز در مطالعات مذکور، مشابه نبودند، عمده نگرانی‌ها نسبت به این یافته‌ها را ضعف واقع‌گرایی اکولوژیک در آن‌ها تشکیل می‌دهد. بدین معنا که برهمکنش‌های میان افراد جوامع خاص و تأثیراتی که زیست‌بوم (محیط زندگی) بر آن‌ها می‌گذارد در این مطالعات مغفول مانده و یا الگوهای جامع و مانعی را نمی‌توانند در رابطه با رفلکس‌های عصبی انسان‌ها در زمان دروغ‌گویی ارائه دهند؛ چراکه مؤلفه‌های دخیل زیستی-محیطی بر مغز انسان نیز بسیار اهمیت دارند (۵۶). همچنین جامعه مورد مطالعه در این‌گونه آزمایش‌ها اغلب دانشجویان یا افرادی هستند که می‌دانستند در آزمایش بوده و باید دروغ بگویند؛ حال آن‌که چندان معلوم نیست که این‌گونه رفلکس‌ها تا چه اندازه با واکنش افراد در وضعیت بازداشت - که به مراتب با استرس، بازخوردهای ضد و نقیض و فریبکاری همراه است - همسان خواهد بود. در حال حاضر ارزیابی‌های خاصی در دستگاه قضای کشورهای پیشرفته برای تعیین اعتبار این‌گونه شواهد علمی نزد دادگاه صورت می‌گیرد (۵۷). یافته‌های دروغ‌سنجی در مسائل متعدد حقوقی همچون تحقیقات کیفری کاربرد بسزایی دارد اما هنوز به عنوان اماره متقن در دادگاه‌ها پذیرفته نیست (۵۸-۵۹).

نتیجه‌گیری

از جمله اشکالات عمده تحقیقات fMRI، مسئله تفریق شناختی است؛ چراکه باید تعاملات شناختی میان شبکه‌های نورونی نیز مورد توجه قرار گیرد. خطای اندازه‌گیری بسیار زیاد

fMRI در مقیاس میکروسکوپی نیز محل اشکال است و این خود موجب می‌شود که بسیاری از رخدادهای بیولوژیک در فعالیت مغز نادیده گرفته شود. علاوه بر این، در عین این‌که مناطق مغز به روشنی برای فعالیت ذهن انسان ضروری هستند، اما هیچ دلیلی وجود ندارد که مجموعه این نواحی را ذهن انسان تلقی کنیم و مسأله ارتباط ذهن و مغز همچنان مجادله‌برانگیز باقی مانده است؛ از این رو، ارزیابی‌های عصب‌شناختی تجربه‌های ذهنی به طریق fMRI به سه دلیل نزد دادرسان بعضاً اعتبار قضایی نیافته‌اند: (۱) امکان نقصان یافته‌ها؛ (۲) امتزاج تجربه‌های ذهنی دیگر در بررسی حقوقی رخدادهای (۳) وضعیت‌های غیر معمول روحی-روانی افراد در رویدادهای حقوقی. لذا به رغم کاربست مفید شواهد fMRI در حقوق، این‌گونه امارات هم‌اکنون در کنار سایر ادله موجود در دادرسی‌های قضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (ادله انضمامی اثبات دعوی) ولی در صورت تعارض امارات و قرائن، ادله متقن عینی، ارجحیت دارد. با این حال، شواهد دروغ‌سنجی به طریق تکنیک fMRI هنوز به عنوان اماره در دادگاه‌ها پذیرفته نیستند. باید توجه داشت که در استعانت به دانش حقوق عصب‌شناسی باید تا حصول اطمینان از اعتبار علمی یافته‌های موجود، محافظه‌کاری کنیم. یافته‌های کنونی عصب‌شناسی نشان‌دهنده مفهوم نسبی هوشیاری و عقل است و همین امر اندیشه سنتی رادیکال حقوقی را نسبت به اهلیت عقلی (عقل در برابر جنون) متزلزل می‌سازد؛ دانش امروز عصب-حقوق باید مفهوم نوین و متقنی از عقل به جامعه حقوقی ارائه دهد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های مادی و معنوی مرکز تحقیقات اخلاق و حقوق پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، به ویژه استاد ارجمند دکتر محمود عباسی و از راهنمایی‌های همسر گرانقدرم، دکتر ناهید رضایی صمیمانه سپاسگزارم.

References

- Petoft A. Neurolaw: A brief introduction. *Iranian Journal of Neurology* 2015; 14(1): 55-58.
- Petoft A, Momeni-Rad A. Toward Human Behavior Sciences from the Perspective of Neurolaw. *International Journal of Public Mental Health and Neuroscience* 2015; 2(2): 29-33.
- Erickson Steven K. The Limits of Neurolaw. *Houston Journal of Health Law and Policy* 2012; 11(1): 1-12.
- Picozza Eugenio. Neuro Law: Validity and Limits of a Neuroscientific Approach to Problems Relating to Law and Justice. In: Elisabetta Sirgiovanni. The Neurocognitive Turn in Law and its Epistemological Aspects - Foreword. Rome: Sapienza University; 2016. p.21-40.
- Vos Jan De, Pluth ED. Neuroscience and Critique: Exploring the Limits of the Neurological Turn. Routledge: Cambridge; 2016. p.11-21.
- Petoft A. Controversial Brain Imaging as a Terrorism Emergency Measure in Neurolaw Discourse. *Neurother* 2017; 2(2): 1-20. 000118
- Petoft A, Abbasi M. Current Limits of Neurolaw: A Brief Overview. *Médecine & Droit* 2020; 2(161): 29 - 34
- Petoft A, Abbasi M. A Historical Overview of Law and Neuroscience: From the Emergence of Medico-Legal Discourses to Developed Neurolaw. *Archivio Penale* 2019; 1(1): 1-48.
- Petoft A, Abassi M. Fundamentals of Neurolaw. Tehran: Medical Ethics and Law Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences; 2019. [Persian]
- Morse SJ. NeuroEthics: Neuro Law. Oxford Handbooks Online. 2017. Available at: <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199935314.001.0001/oxfordhb-9780199935314-e-45>.
- Marcello I, Andorno R. Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology. *Life Sciences, Society and Policy* 2017; 13(5): 1-27.
- Kraft Calvin J, Giordano J. Integrating Brain Science and Law: Neuroscientific Evidence and Legal Perspectives on Protecting Individual Liberties. *Front Neurosci* 2017; 11(8): 621-643.
- Shen Francis X. Law and Neuroscience. *Arizona State Law Journal* 2017; 48(1043): 1-44.
- Shen Francis X. Neuroscientific evidence as instant replay. *Journal of Law and the Biosciences* 2016; 3(2): 343-349.
- Slotnick Scott. Controversies in Cognitive Neuroscience. London: Macmillan International Higher Education; 2012. p.213-215.
- Hughes Brian M. Psychology in Crisis. London: Macmillan International Higher Education; 2018. p.9-31.
- Jarrett Christian. Great Myths of the Brain. Wiley: Oxford; 2015. p.1-35.
- Harrison BJ, Pantelis C. Cognitive Subtraction. In: Stolerman I.P. Encyclopedia of Psychopharmacology. Springer: Berlin; 2010.
- Petersen SE, Fox PT, Posner MI, Mintun M, Raichle ME. Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature* 1988; 331(6157): 585-589.
- Friston KJ, Price CJ, Fletcher P, Moore C, Frackowiak RS, Dolan RJ. The Trouble with Cognitive Subtraction. *Neuroimage* 1996; 4(2): 97-104.
- Sartori G, Umiltà C. How to Avoid the Fallacies of Cognitive Subtraction in Brain Imaging. *Brain and Language* 2000; 74(??): 191-212.
- Constable RT. Challenges in fMRI and Its Limitations. In: Scott H, FaroFeroze B. Mohamed. Functional MRI. Berlin: Springer Nature; 2016. p.75-98
- Schiffer F. The physical nature of subjective experience and its interaction with the brain. *Medical Hypotheses* 2019; 125(12): 57-69.
- Thyreau B, Yannick S, Thirion B. Very large fMRI study using the IMAGEN database: Sensitivity specificity and population effect modeling in relation to the underlying anatomy. *NeuroImage* 2012; 61(1): 295-303.
- Thyreau B, Schwartz Y, Thirion B, Frouin V, Loth E, Vollstädt-Klein S, et al. Whole-brain, time-locked activation with simple tasks revealed using massive averaging and model-free analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2012; 109(14): 5487-5492.
- Carandini M. From circuits to behavior: A bridge too far? *Nature Neuroscience* 2012; 15(1): 507-509.
- Bigenwald A, Chambon V. Criminal Responsibility and Neuroscience: No Revolution Yet. *Frontiers in Psychology* 2019; 10(2): 1406-1430.

28. Choi OS. What Neuroscience Can and Cannot Answer. *Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law* 2017; 45(3): 278-285.
29. Vincent NA. Neuroimaging and responsibility assessments. *Neuroethics* 2011; 4(3): 35-49.
30. Bowins B. Repetitive maladaptive behavior: beyond repetition compulsion. *American Journal of Psychoanalysis* 2010; 70(5): 282-298.
31. Jiang J, Dai B, Peng D, Zhu C, Liu L, Lu C. Neural Synchronization During Face-to-Face Communication. *Journal of Neuroscience* 2012; 32(45): 160-164.
32. Hoskin R. Can a Neuroscientist Read Your Mind? *Science Brainwaves* 2012; 2(7): 20-31.
33. Poldrack RA. Inferring Mental States from Neuroimaging Data: From Reverse Inference to Large-Scale Decoding. *Neuron* 2011; 72(5): 692-97.
34. Gracely RH, Petzke F, Wolf JM, Clauw DJ. Functional magnetic resonance imaging evidence of augmented pain processing in fibromyalgia. *Arthritis & Rheumatism* 2002; 46(5): 1333-1343.
35. Angst MS, Tingle M, Phillips NG, Carvalho B. Determining heat and mechanical pain threshold in inflamed skin of human subjects. *Journal of Visualized Experiments* 2009; 14(23): 1092-1112.
36. Wager TD, Hernandez L, Jonides J, Lindquist M. Elements of Functional Neuroimaging. In: Gary G. Berntson John T. Cacioppo (Eds.). *Handbook of psychophysiology*. 3rd ed. Berlin: Wiley; 2007. p.34.
37. McKeag DB, Kutcher JS. Kutcher. Concussion Consensus: Raising the Bar and Filling in the Gaps. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2009; 19(13): 344-345.
38. Teitcher A. Weaving Functional Brain Imaging Into the Tapestry of Evidence: A Case for Functional Neuroimaging in Federal Criminal Courts. *Fordham law Review* 2011; 80(12): 393-394.
39. Greely HT. Neuroscience, Mindreading and the Courts: The Example of Pain. *Journal of Health Care Law and Policy* 2015; 18(11): 171-193.
40. Button KS, Ioannidis JP, Mokrysz C, Nosek BA, Flint J, Robinson ES, et al. Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. Power failure: Why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nature Review Neuroscience* 2013; 14(5): 365-376.
41. Ioannidis JP. An Epidemic of False Claims Competition and conflicts of interest distort too many medical findings. *Scientific American* 2011; 304(6): 16-32.
42. Joseph TF. Rethinking Disorders of Consciousness: New Research and Its Implications. *Hastings Center Report* 2005; 35(12): 22-43.
43. Gosseries O, Vanhaudenhuyse A, Bruno MA, Demertzi A, Schnakers C, Boly MM, et al. Disorders of consciousness: coma, vegetative and minimally conscious states. In *States of consciousness*. Berlin: Springer; 2011. p.29.
44. Pustilnik AC. Pain as Fact and Heuristic: How Pain Neuroimaging Illuminates Moral Dimensions of Law. *Cornell Law Review* 2012; 97(2): 805-832.
45. Monti MM, Vanhaudenhuyse A, Coleman MR, Boly M, Pickard JD, Tshibanda L, et al. Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness. *The New England Journal of Medicine* 2010; 362(1): 579-589.
46. Naci L, Rhodri C, Adrian M. Owen. The brain's silent messenger: Using selective attention to decode human thought for brain-based communication. *Journal of Neuroscience* 2013; 33(22): 9385-9393.
47. Laureys S, Owen AM, Schiff ND. Brain Function in Coma, Vegetative State and Related Disorders. *Lancet Neurology* 2004; 3(1): 537-543.
48. Rissman J, Greely HT, Wagner AD. Detecting Individual Memories through the Neural Decoding of Memory States and Past Experience. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2010; 107(5): 9849-9850.
49. Anthony D, Wagner, Richard J. Bonnie, BJ Casey, Andre Davis, David L. Faigman, Morris B. Hoffman, et al. fMRI and Lie Detection. MacArthur Foundation Research Network on Law and Neuroscience. *Vanderbilt Law Research Paper* 2016; No: 17-10.
50. Zanzotto Zanzotto FM, Croce D. Comparing EEG/ERP-like and fMRI-like techniques for reading machine thoughts. In *International Conference on Brain Informatics 2010 Aug 28 (pp. 133-144)*. Springer, Berlin, Heidelberg.
51. Abootalebi V, Moradi MH, Khalilzadeh MA. A comparison of Methods for ERP Assessment in a P300- Based GKT. *International journal of Psychophysiology* 2006; 62(2): 310-320.
52. Rosenfeld JP. Brain Fingerprinting: A Critical Analysis. *Scientific Review Mental Health Practices* 2005; 4(7): 20-43.

-
53. Meixner JB, Rosenfeld P. A Mock Terrorism Application of the P300-Based Concealed Information Test. *Psychophysiology* 2010; 48(12): 149-163.
54. Uri H, Christopher JH. Future Trends in Neuroimaging: Neural Processes as Expressed Within Real-life Contexts. *Neuroimage* 2012; 62(11): 1272-1286.
55. Ganis G, Kosslyn SM, Stose S, Thompson WL, Yurgelun-Todd DA. Neural correlates of different types of deception: an fMRI investigation. *Cerebral Cortex* 2003; 13(8): 830-836.
56. Murphy ER, Greely HT. What Will Be the Limits of Neuroscience-Based Mindreading in the Law? In: Illes J, Sahakian B. The oxford handbook of neuroethics. Oxford: OUP; 2011. p.403.
57. Jensen Pamela J. Frye versus Daubert: Practically the Same? *Minnesota Law Review* 2003; 87(7): 1579-1620.
58. White Amy E. The Lie of fMRI: An Examination of the Ethics of a Market in Lie Detection Using Functional Magnetic Resonance Imaging. *Healthcare Ethics Committee Forum* 2010; 22(10): 253-267.
59. U.S. v. Semrau. U.S. District Court for the Western District of Tennessee; 2010. No.07-10074.