آشنایی با اصول و روش‌های پژوهش در علوم اعصاب

نویسندگان:

دکتر حمید کلالیان‌مقدم (عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی شاهرود)

دکتر امیر آتشی (عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی شاهرود)

طیبه محتشمی (دانشجوی دکترای تخصصی مطالعات اعتیاد)

حسن شجاعی (دانشجوی دکترای تخصصی مطالعات اعتیاد)

دکتر راحله رفائی (عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران، مرکز تحقیقات روانپزشکی و علوم رفتاری، پژوهشکده اعتیاد)

دکتر محمد نیرومندسروندانی (دکترای تخصصی مطالعات اعتیاد)

انتشارات آوای قلم

عنوان و نام پدیدآور : آشنایی با اصول و روش‌های پژوهش در علوم اعصاب/ نویسندگان حمید کلالیان مقدم ... [و دیگران].
مشخصات نشر : تهران: آوای قلم، ۱۴۰۴. مشخصات ظاهری: ۲۱۲ ص.: مصور(بخشی رنگی).
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۸۲۶۱-۴۲-۳ وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت : نویسندگان حمید کلالیان‌مقدم، امیر آتشی، طیبه محتشمی، حسن شجاعی، راحله رفائی، محمد نیرومندسروندانی.
یادداشت : واژه‌نامه.
یادداشت : کتابنامه: ص. ۱۸۸ - ۲۰۴.
موضوع : عصب پایه‌شناسی -- تحقیق -- روش‌شناسی
Neurosciences -- Research -- Methodology
شناسه افزوده : کلالیان مقدم، حمید۱۳۴۶ -
رده بندی کنگره : RC۳۴۱
رده بندی دیویی : ۸/۶۱۲
شماره کتابشناسی ملی : ۱۰۱۴۳۷۴۶

آشنایی با اصول و روش‌های پژوهش در علوم اعصاب

نویسندگان: حمید کلالیان‌مقدم- امیر آتشی، طیبه محتشمی- حسن شجاعی، راحله رفائی - محمد نیرومندسروندانی
ناشر: انتشارات آوای قلم
صفحه‌آرا: فاطمه دشتی رحمت آبادی
طراحی جلد: انتشارات آوای قلم(امین خانی)
نوبت چاپ: اول
تاریخ نشر: تابستان ۱۴۰۴
شمارگان: ۱۰۰ جلد
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۸۲۶۱-۴۲-۳
قیمت: ۲۹۰۰۰۰ تومان

این کتاب درشورای انتشارات دانشگاه علوم پزشکی شاهرود داوری و به تایید رسیده است.

با اسکن QRc روبرو به اخرین فهرست کتب انتشارات دسترسی داشته باشید

شماره تماس: ۶۶۵۹۱۵۰۴-۶۶۵۹۱۵۰۵ **همراه:** ۰۹۲۱۲۰۵۷۷۵۱

فروشگاه کتاب چاپی و الکترونیکی:
www.avapublisher.com

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.
متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: روش‌های پژوهش در مطالعات حیوانی ۱۷

۱-۱ ویژگی‌های بیولوژیک حیوانات آزمایشگاهی ۱۸

۱-۱-۱ موش بزرگ آزمایشگاهی یا رت ۱۹

۱-۱-۲ موش کوچک آزمایشگاهی یا سوری ۱۹

۱-۱-۳ همستر ۱۹

۱-۱-۴ خرگوش ۲۰

۱-۱-۵ خوکچه هندی ۲۰

۱-۲ ملاحظات اخلاقی ۲۰

۱-۳ اصول نگهداری حیوانات آزمایشگاهی ۲۲

۱-۴ حمل‌ونقل و جابه‌جایی حیوان آزمایشگاهی ۲۴

۱-۵ مهار کردن یا مقید کردن حیوان آزمایشگاهی ۲۴

۱-۶ انواع تزریقات در حیوانات آزمایشگاهی ۲۸

۱-۶-۱ مسیر خوراکی تجویز دارو به موش آزمایشگاهی ۲۸

۱-۶-۲ مسیرهای غیرخوراکی تجویز دارو به موش آزمایشگاهی ۳۰

۱-۲-۶-۱ تزریق زیر جلدی (SC) ۳۱

۱-۲-۶-۲ تزریق داخل صفاقی (IP) ۳۱

۱-۲-۶-۳ تزریق عضلانی (IM) ۳۲

۱-۲-۶-۴ تزریق وریدی (IV) ۳۳

۱-۲-۶-۵ تزریق داخل بطن‌های مغز(ICV) ۳۶

۱-۲-۶-۶ تزریق داخل نخاعی(IT) ۴۲

۱-۲-۶-۷ تزریق داخل بینی (IN) ۴۲

۱-۷ خونگیری ۴۳

۱-۷-۱ خونگیری از ورید صافن ۴۳

۱-۷-۲ خونگیری از ورید دمی در موش و رت ۴۴

۱-۷-۳ خونگیری از ورید ژوگولار در موش و رت ۴۴

۱-۷-۴ خونگیری از ورید سینوس پشت حدقه در موش و رت ۴۵

۱-۷-۵ خونگیری از قلب در موش و رت ۴۶

۱-۷-۶ خونگیری از رگ جانبی گوش در خرگوش ۴۶

۱-۸ بیهوشی حیوان آزمایشگاهی ۴۷

۱-۸-۱ روش‌های تزریقی بیهوشی ۴۸
۱-۹ جراحی حیوان آزمایشگاهی ۴۹
۱-۱۰ یوتانزی حیوان آزمایشگاهی ۵۱
۱-۱۰-۱ علائم بالینی مرگ در حیوان ۵۳
۱-۱۰-۲ روش‌های تکمیلی یوتانزی ۵۳
۱-۱۰-۳ روش حذف لاشه‌ها ۵۴
۱-۱۱ خارج کردن مغز و نخاع ۵۵
۱-۱۱-۱ استخراج مغز ۵۵
۱-۱۱-۲ استخراج نخاع ۵۶

فصل دوم: روش‌های آسیب مغزی ۵۹
۲-۱ از مطالعات لیژن چه چیزی می‌توانیم یاد بگیریم؟ ۶۰
۲-۲ مقایسه روش‌های مختلف تولید لیژن مغزی ۶۱
۲-۳ جراحی استریوتاکسیک ۶۳
۲-۴ تحریک عمیق مغز ۶۶
۲-۵ روش‌های ایجاد مدل ۶۷
۲-۵-۱ روش شیمیایی ۶۷
۲-۵-۲ روش الکتریکی ۶۸
۲-۵-۲-۱ ایجاد انواع مدل‌ها در روش الکتریکی ۷۰
۲-۵-۲-۱-۱ مدل افسردگی ۷۰
۲-۵-۲-۱-۲ مدل اعتیاد ۷۰
۲-۵-۲-۱-۳ مدل تتانوس ۷۲
۲-۵-۲-۱-۴ مدل صرع ۷۲
۲-۵-۲-۱-۵ مدل حافظه ۷۲
۲-۵-۳ روش جراحی ۷۸
۲-۵-۴ روش‌های مکانیکی ۷۸
۲-۵-۵ روش‌های ژنتیکی ۷۹
۲-۶ شاخص های یک مدل خوب ۷۹

فصل سوم: ثبت و تحریک فعالیت عصبی ۸۳
۳-۱ ثبت فعالیت عصبی ۸۴
۳-۱-۱ ثبت با میکروالکترودها ۸۵

۳-۱-۲ ثبت با ماکروالکترودها ۸۶
۳-۱-۳ مگنتوانسفالوگرافی (مغناطیس نگاری مغزی) ۸۷
۳-۲ ثبت فعالیت سیناپسی و متابولیکی مغز ۸۹
۳-۳ تحریک فعالیت عصبی ۹۲
۳-۳-۱ تحریک الکتریکی و شیمیایی ۹۲
۳-۳-۲ تحریک مغناطیسی مغزی ۹۴
۳-۳-۳ روش اپتوژنیک ۹۵
۳-۴ روش‌های عصبی شیمیایی ۹۹
۳-۴-۱ تعیین محل گیرنده‌های خاص ۱۰۲
۳-۴-۲ اندازه‌گیری مواد شیمیایی ترشح شده در مغز ۱۰۳

فصل چهارم: روش‌های کشت‌سلولی و بافت‌شناسی ۱۰۷
۴-۱ اصل جایگزینی ۱۰۸
۴-۲ محیط کشت ۱۰۹
۴-۳ انواع کشت سلول ۱۰۹
۴-۴ تجهیزات ضروری برای انجام تکنیک کشت سلول ۱۰۹
۴-۵ کاربردهای محیط کشت ۱۱۱
۴-۵-۱ سیستم مدل در کشت سلول ۱۱۱
۴-۵-۲ مطالعات سرطان در کشت سلول ۱۱۱
۴-۵-۳ ویروس‌شناسی در کشت سلول ۱۱۱
۴-۵-۴ تست سمیت در کشت سلول ۱۱۲
۴-۵-۵ تولید واکسن در کشت سلول ۱۱۲
۴-۵-۶ پروتئین دستکاری شده ژنتیکی در کشت سلول ۱۱۲
۴-۵-۷ بافت یا اندام جایگزین در کشت سلول ۱۱۲
۴-۵-۸ تشخیص ژنتیکی بالینی ۱۱۲
۴-۵-۹ مهندسی ژنتیک در کشت سلول ۱۱۳
۴-۵-۱۰ ژن درمانی در کشت سلول ۱۱۳
۴-۶ مزایای کشت سلولی حیوانی ۱۱۳
۴-۷ معایب کشت سلولی حیوانی ۱۱۴
۴-۸ روش‌های بافت‌شناسی ۱۱۵
۴-۹ انواع میکروسکوپ ۱۱۸
۴-۹-۱ میکروسکوپ زمینه روشن ۱۱۸

۴-۹-۲ میکروسکوپ زمینه تاریک ۱۱۸
۴-۹-۳ میکروسکوپ فلورسانس ۱۱۸
۴-۹-۴ میکروسکوپ فازکنتراست ۱۱۹
۴-۹-۵ میکروسکوپ اسکن لیزری کانفوکال ۱۱۹
۴-۹-۶ میکروسکوپ الکترونی عبوری ۱۱۹
۴-۹-۷ میکروسکوپ الکترونی روبشی ۱۲۰
۴-۱۰ ردیابی اتصالات عصبی: تکنیک‌های ردیابی آکسون آوران و وابران ۱۲۰
۴-۱۰-۱ ردیابی آکسون‌های وابران ۱۲۰
۴-۱۰-۲ ردیابی آکسون‌های آوران ۱۲۱
۴-۱۱ روش‌های ردیابی فرا عصبی ۱۲۱
۴-۱۲ تکنیک الایزا ۱۲۲
۴-۱۲-۱ اجزای تکنیک الایزا ۱۲۳
۴-۱۲-۱-۱ میکروپلیت‌های الایزا ۱۲۳
۴-۱۲-۱-۲ استانداردها ۱۲۳
۴-۱۲-۱-۳ کونژوگه ۱۲۳
۴-۱۲-۱-۴ سوبسترا و کروموژن ۱۲۳
۴-۱۲-۱-۵ محلول شستشو ۱۲۳
۴-۱۲-۲ انواع الایزا ۱۲۴
۴-۱۲-۲-۱ تکنیک الایزای مستقیم ۱۲۴
۴-۱۲-۲-۲ تکنیک الایزای غیرمستقیم ۱۲۴
۴-۱۲-۲-۳ تکنیک الایزای ساندویچی ۱۲۴
۴-۱۲-۲-۴ تکنیک الایزای رقابتی ۱۲۵
۴-۱۳ تکنیک وسترن‌بلات ۱۲۵
۴-۱۳-۱ مراحل تست وسترن‌بلات ۱۲۶
۴-۱۳-۱-۱ مرحله اول: استخراج پروتئین در نمونه‌های سلولی و بافتی ۱۲۶
۴-۱۳-۱-۲ مرحله دوم: تعیین غلظت پروتئین‌های موجود در نمونه ۱۲۶
۴-۱۳-۱-۳ مرحله سوم: آماده سازی ژل، نمونه‌ها و انجام الکتروفورز ۱۲۷
۴-۱۳-۱-۴ مرحله چهارم : انتقال پروتئین‌ها از ژل به غشاء در تکنیک وسترن‌بلات ..۱۲۷
۴-۱۳-۱-۵ مرحله پنجم: بلاکینگ و تشخیص با آنتی بادی اولیه و ثانویه ۱۲۸
۴-۱۳-۱-۶ مرحله ششم: شناسایی با روش ECL و ظهور باندها بر روی فیلمx-Ray
..... ۱۲۸
۴-۱۴ بررسی آپوپتوز ۱۲۹

۴-۱۴-۱ ارزیابی سیتوتوکسیسیتی ۱۲۹
۴-۱۴-۲ تغییرات مورفولوژیکی ۱۳۰
۴-۱۴-۳ روش TUNEL و ارزیابی Annexin V/PI توسط فلوسیتومتری ۱۳۰

فصل پنجم: روش‌های ژنتیکی ۱۳۳
۵-۱ مطالعه دوقلوها ۱۳۴
۵-۲ مطالعات فرزند خوانده‌ها ۱۳۶
۵-۳ مطالعات ژنومی ۱۳۷
۵-۴ جهش‌های هدفمند ۱۳۹
۵-۵ الیگو نوکلئوتیدهای‌آنتی‌سنس ۱۳۹
۵-۶ روش CRISPR-Cas ۱۴۰
۵-۶-۱ مکانیسم عمل CRISPR ۱۴۱
۵-۶-۲ چگونه از CRISPR در تحقیقات خود استفاده کنیم؟ ۱۴۳
۵-۶-۲-۱ قدم نخست: هدف خود را تعیین کنید. ۱۴۳
۵-۶-۲-۲ قدم دوم: دست‌کاری ژنتیکی موردنظر خود را انتخاب کنید. ۱۴۴
۵-۶-۲-۳ قدم سوم: سیستم بیانی مناسبی را انتخاب کنید. ۱۴۴
۵-۶-۲-۴ قدم چهارم: توالی هدف موردنظر را انتخاب و gRNA خود را طراحی کنید. ۱۴۴
۵-۶-۲-۵ قدم پنجم: رده سلولی/ ارگانیسم و توالی ژنومی خود را بشناسید. ۱۴۴
۵-۶-۲-۶ قدم ششم: ژن و عنصر ژنتیکی مناسبی را برای دست‌کاری انتخاب کنید. ۱۴۴۰
۵-۶-۲-۷ قدم هفتم: gRNAها را بر اساس فعالیت پیش‌بینی شده روی هدف و خارج از هدف انتخاب کنید. ۱۴۵
۵-۶-۲-۸ قدم هشتم: سنتز و کلون کردن gRNA های موردنظر ۱۴۶
۵-۶-۲-۹ قدم نهم: انتقال Cas9 و gRNA به سلول ۱۴۷
۵-۶-۲-۱۰ قدم دهم: ارزیابی ویرایش ژنتیکی ۱۴۷

فصل ششم: روش‌های مطالعه مغز زنده انسان ۱۴۹
۶-۱ برش‌نگاری رایانه‌ای یا توموگرافی رایانه‌ای (CT) ۱۵۱
۶-۲ تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) ۱۵۳
۶-۲-۱ مقایسه MRI و سی‌تی‌اسکن ۱۵۵
۶-۳ تصویرسازی تشدید مغناطیسی کارکردی (fMRI) ۱۵۵
۶-۳-۱ کاربردهای fMRI ۱۵۶

۶-۴ تصویربرداری تشدید مغناطیسی انتشاری (DTI) ۱۵۷
۶-۵ مگنتوانسفالوگرافی یا مغناطیس‌نگاری(MEG) ۱۵۸
۶-۵-۱ آزمایش مغناطیس‌نگاری مغزی (MEG) چگونه انجام می‌شود؟ ۱۵۹
۶-۵-۲ کاربرد متداول مگنتوانسفالوگرافی ۱۶۰
۶-۵-۳ مزایای مگنتوانسفالوگرافی ۱۶۰
۶-۶ الکتروانسفالوگرافی (EEG) ۱۶۰
۶-۷ برش‌نگاری با گسیل پوزیترون (PET) ۱۶۲
۶-۷-۱ نحوه کار پت اسکن ۱۶۳
۶-۷-۲ کاربرد پت اسکن در بیماری‌های مختلف ۱۶۴
۶-۷-۲-۱ صرع ۱۶۴
۶-۷-۲-۲ بیماری آلزایمر ۱۶۴
۶-۷-۲-۳ سرطان ۱۶۵
۶-۷-۲-۴ بیماری‌های قلبی ۱۶۵
۶-۷-۲-۵ پژوهش‌های پزشکی ۱۶۵
۶-۷-۲-۶ بیماری‌های عفونی ۱۶۵
۶-۸ تحریک مغناطیسی مغز (TMS) ۱۶۵
۶-۸-۱ TMS به صورت تکرار شونده (rTMS) ۱۶۶
۶-۸-۲ تحریک مغناطیسی عمیق (dTMS) ۱۶۷

فصل هفتم: روش‌های رفتاری ۱۶۹
۷-۱ آزمون ماز Y شکل ۱۷۰
۷-۲ جعبه سیاه یا شاتل باکس: (آزمایش اجتنابی غیرفعال) ۱۷۲
۷-۳ آزمون اجتناب مهاری پایین آمدن از سکو ۱۷۴
۷-۴ آزمون تشخصی شیء جدید ۱۷۶
۷-۵ ماز Y با سه بازوی مساوی ۱۷۷
۷-۶ آزمون زمینه باز ۱۷۸
۷-۷ تست رفتاری ماز آبی موریس ۱۸۰
۷-۸ ماز مرتفع به علاوه شکل ۱۸۲
۷-۹ آزمون ماز شعاعی هشت بازویی ۱۸۳
منابع ۱۸۷
واژه نامه ۲۰۵

فهرست جداول

عنوان..... صفحه

جدول ۵-۱. خلاصه‌ای از انواع Cas و دیگر نوکلئازهای مورد استفاده در آزمایشات CRISPR و توالی‌های PAM آن‌ها..... ۱۴۶

فهرست تصاویر

عنوان..... صفحه

شکل ۱-۱. غذا و آب حیوان آزمایشگاهی..... ۲۳
شکل ۱-۲. نحوه مقید کردن موش آزمایشگاهی..... ۲۵
شکل ۱-۳. نحوه مقید کردن موش آزمایشگاهی..... ۲۵
شکل ۱-۴. نحوه مقید کردن موش آزمایشگاهی..... ۲۶
شکل ۱-۵. دستگاه مقید کننده موش آزمایشگاهی ۲۷
شکل ۱-۶. نحوه مقید کردن و دستگاه مقیدکننده خرگوش آزمایشگاهی ۲۸
شکل ۱-۷. تجویز دارو به روش گاواژ در موش آزمایشگاهی ۲۹
شکل ۱-۸. تجویز دارو به روش زیر جلدی ۳۱
شکل ۱-۹. تجویز دارو به روش تزریق درون صفاقی در موش آزمایشگاهی..... ۳۲
شکل ۱-۱۰. تزریق عضلانی در موش آزمایشگاهی..... ۳۳
شکل ۱-۱۱. تزریق داخل وریدی در موش آزمایشگاهی..... ۳۴
شکل ۱-۱۲. وریدهای دمی در موش آزمایشگاهی ۳۵
شکل ۱-۱۳. ورید مارژینال گوش خرگوش..... ۳۵
شکل ۱-۱۵. نمایی از دستگاه استریوتاکسیک ۳۷
شکل ۱- ۱۶. دستگاه استریوتاکسیک و اجزای آن ۳۷
شکل ۱- ۱۷. میله گوش در دستگاه استریوتاکسیک و نحوه قرار گرفتن گوش‌ها در میله گوش ۳۸
شکل ۱-۱۸. نمای شماتیک از وضعیت خطوط اسکال..... ۳۹
شکل ۱-۱۹. وضعیت خطوط برگما، لامبدا و مرکزی در موش آزمایشگاهی ۳۹
شکل ۱-۲۰. نحوه وارد کردن سوزن در جراحی استریوتاکسیک در موش آزمایشگاهی ۴۰
شکل ۱-۲۱. نحوه کانول گذاری در جراحی استریوتاکسیک در موش آزمایشگاهی..... ۴۱
شکل ۱-۲۲. خونگیری از ورید صافنوس..... ۴۳

شکل ۱-۲۳. خونگیری از ورید دمی ۴۴
شکل ۱-۲۴. خونگیری از سینوس پشت حدقه ۴۵
شکل ۱-۲۵. خونگیری از قلب موش ۴۶
شکل ۱-۲۶. داروی بیهوشی استنشاقی در رت آزمایشگاهی ۴۷
شکل ۱-۲۷. یوتانزی در موش آزمایشگاهی ۵۲
شکل ۲-۱. دو روش ایجاد ضایعات مغزی: سمت راست تصویر لیژن تحریکی و سمت چپ لیژن جریان الکتریکی ۶۲
شکل ۲-۲. دستگاه استریوتاکسیک روی یک بیمار انسانی ۶۳
شکل ۲-۳. اطلس استریوتاکسیک ۶۴
شکل ۲-۴. استفاده از اصل تداخل برای تبدیل دو سیگنال فرکانس بالا به یک سیگنال هدفمند و با فرکانس پایین ۶۶
شکل ۲- ۵. انواع امواج سینوسی، مربعی، مثلثی، دندانه‌ای ۶۹
شکل ۲- ۶. استفاده از روش الکتریکی برای ایجاد مدل اعتیاد در موش آزمایشگاهی ۷۱
شکل ۲-۷. تصاویر شماتیک از انواع روش‌های ایجاد مدل‌های حیوانی اعتیاد ۷۲
شکل ۲-۸. نوروآناتومی هیپوکمپ ۷۳
شکل ۲-۹. مدارهای هیپوکامپ ۷۴
شکل ۲-۱۰. ثبت الکتریکی در حافظه کوتاه‌مدت ۷۶
شکل ۳-۱. کاشت الکترودها ۸۵
شکل ۳-۲. ثبت فعالیت مغز با ماکروالکترودها ۸۷
شکل ۳-۳. مگنتوانسفالوگرافی، مجموعه‌ای از SQUID ها ۸۸
شکل ۳-۴. ژن‌های اولیه فوری ۹۰
شکل ۳-۵. اسکن PET ۹۱
شکل ۳-۶. اسکن‌های MRI کارکردی ۹۲
تصویر ۳-۷. یک کانول داخل جمجمه‌ای ۹۳
شکل ۳-۸. تحریک مغناطیسی ترانس‌کرانیال ۹۴
شکل ۳-۹. روش اپتوژنتیک ۹۶
شکل ۳-۱۰. روش اپتوژنتیک ۹۷
شکل ۳-۱۱. روش اپتوژنتیک ۹۸
شکل ۳-۱۲. تعیین محل پیپتید ۱۰۱
شکل ۳-۱۳. تعیین محل آنزیم ۱۰۲
شکل ۳-۱۴. میکرودیالیز ۱۰۳

شکل ۳-۱۵. اسکن PET از یک بیمار مبتلا به علائم مشابه بیماری پارکینسون ۱۰۵
شکل ۴-۱. نمایی از تجهیزات مورد نیاز برای کشت سلول ۱۱۰
شکل ۴-۲. میکروتوم و کرایوستات ۱۱۶
شکل ۴-۳. بخش جلویی رنگ‌آمیزی شده با کریزیل ویوله ۱۱۷
شکل ۴-۴. روش ایمونوهسیتوشیمی ۱۱۷
شکل ۴-۵. تصویری از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۱۲۰
شکل ۴-۶. تکنیک‌های ردیابی اتصالات عصبی ۱۲۲
شکل ۴-۷. تکنیک الایزا و انواع آن ۱۲۵
شکل ۴-۸. ارزیابی آپوپتوز سلولی با استفاده از فلوسایتومتری ۱۳۱
شکل ۵-۱. مطالعات دوقلو ۱۳۶
شکل ۵-۲. الیگونوکلئوتیدهای آنتی‌سنس ۱۴۰
شکل ۵-۳. ایمنی اکتسابی CRISPR در باکتری E.coli ۱۴۱
شکل ۵-۴. سیستم CRISPR ۱۴۲
شکل ۵-۵. مسیرهای ترمیم آسیب DNA ۱۴۲
شکل ۶-۱. بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته مانند تصویربرداری مغزی و ثبت علائم مغزی به منظور کسب اطلاعات درباره کارکردهای مغز ۱۵۰
شکل ۶-۲. توموگرافی کامپیوتری ۱۵۲
شکل ۶-۳. تصویربرداری به روش تشدید مغناطیسی (MRI) ۱۵۴
شکل ۶-۴. در این روش تصاویری متناوب از مغز در حال فعالیت گرفته می‌شود که حاصل این پردازش، عملکرد مغزی در اثر تغییرات جریان خونی در مغز را از لحاظ فیزیولوژیکی نشان می‌دهد.۱۵۶
شکل ۶-۵. تصویربرداری تشدید مغناطیسی انتشاری ۱۵۸
شکل ۶-۶. بررسی یک بیمار با استفاده از روش مگنتوانسفالوگرافی (MEG) ۱۵۹
شکل ۶-۷. نحوه قرارگیری الکترودها در روش EEG ۱۶۱
شکل ۶-۸. PET اسکن ۱۶۳
شکل ۶-۹. تحریک مغناطیسی مغز (TMS) ۱۶۶
شکل ۶-۱۰. تصویری از سیم‌پیچ‌های مغناطیسی در dTMS ۱۶۸
شکل ۷-۱. ماز Y دارای سه بازو A، B، C ۱۷۱
شکل ۷-۲. شاتل باکس ۱۷۲
شکل ۷-۳. جهت اعمال شوک می‌توان میله‌های کف محفظه را به دستگاه استیمولاتور متصل کرد. ۱۷۳
شکل ۷-۴. نحوه اجرای آزمون شاتل باکس ۱۷۴

شکل ۷-۵. آزمون اجتناب مهاری پایین آمدن از سکو ۱۷۵
شکل ۷-۶. آزمون شناسایی شیء جدید ۱۷۶
شکل ۷,۷. آزمون شناسایی شیء جدید در یک موقعیت واقعی..... ۱۷۷
شکل ۷-۸. ماز Y با سه بازوی مساوی..... ۱۷۸
شکل ۷-۹. آزمون زمینه باز..... ۱۷۹
شکل ۷-۱۰. نحوه محاسبه آزمون زمینه باز با استفاده از نرم‌افزار..... ۱۸۰
شکل ۷-۱۱. مخزن تست رفتاری ماز آبی موریس..... ۱۸۲
شکل ۷-۱۲. ماز مرتفع به علاوه ۱۸۳
شکل ۷-۱۳. آزمون ماز شعاعی هشت بازویی ۱۸۴