تأثير العلاج الحركي على أجهزة الجسم

العلاج الحركي او المعالجة الحركية هي احدى وسائل العلاج الطبيعي وتعني الاستخدام العلمي لحركات الجسم لاغراض وقائية وعلاجية وذلك بهدف ... اقرأ أكثر

استخدامات الموجات قصيرة المدى المستمرة والنابضة

عند استخدام الوضع المستمر يتم تسخين الأنسجة المستهدف عندما تنقل الموجات الطاقة إليها باستمرار. يتم استخدام الوضع النبضي عندما تكون درجة الحرارة المرغوبة أقل بالنسبة للنسيج المصاب.

عندما يتم تطبيق العلاج بالموجات قصيرة المدى في وضع النبض، يتم من خلالها تطبيق التأثيرات الميكانيكية للمعالجة بشكل مستقل عن التأثير الحراري (التدفئة) على الأنسجة.

يشمل العلاج بالموجات النابضة قصيرة المدى فوائد غير حرارية أيضاً بما في ذلك:

تسارع نمو الخلايا.

تمكين الخلايا التالفة من العودة إلى الوظيفة العادية.

زيادة التئام الجروح.

مخاطر استخدام العلاج بالموجات قصيرة المدى

يجب تجنب استخدام العلاج بأي نوع من أنواع انبعاث الموجات قصيرة المدى في الحالات التالية:

الأورام الخبيثة (بالإنجليزية: .(Malignancy

مرض السل (بالإنجليزية: .(Tuberculosis

الحمل.

تصلب الشرايين (بالإنجليزية: Arteriosclerosis).

الالتهاب الوريدي.

وجود منظم ضربات القلب (بالإنجليزية: Cardiac pacemakers).

وجود العدسات اللاصقة في العين.

وسائل منع الحمل داخل الرحم التي تحتوي على المعادن.

يجب الحذر الشديد عند الاستخدام مع مرضى الأطفال أو المسنين.

الانتباه لوجود المعادن، لذلك يجب على المريض إزالة جميع المجوهرات مثل الساعات والاحزمة قبل الجلسة العلاجية.

وأخيراً العلاج يجب أن يتم على طاولة يُشترط فيها أن تكون غير موصلة، كأن تكون مصنوعة من الخشب.

تخطيط كهربية الدماغ ((EEGتخطيط (مسمار وموجة) لمرض الصرع كما يظهر من خلال تخطيط كهربية الدماغ

تخطيط كهربية الدماغأو تخطيط أمواج الدماغ (بالإنجليزية: Electroencephalography) (اختصارًا **EEG**) هو آلية لتسجيل النشاط الكهربائي للدماغ على طول فروة الرأس. عادة ما يكون غير اجتياحي، ولكن تستخدم أقطاب متوغلة في تطبيقات خاصة. يقيس تخطيط كهربية الدماغ التقلبات في الجهد الناتجة عن تيارات أيونية في عصبونات الدماغ. يشار إلى هذه التقنية في المجالات السريرية إلى أنها تسجيلٌ للنشاط الكهربائي التلقائي للدماغ خلال فترة من الزمن، ويقاس بواسطة عدة أقطاب موضوعة على فروة الرأس، وتركز الاستعمالات التشخيصية بشكل عام على المحتوى الطيفي لتخطيط كهربية الدماغ، أي نوع التذبذات العصبية التي يمكن أن تظهر في إشارات التخطيط الدماغي.

يستعمل تخطيط الدماغ بشكل كبير لتشخيص الصرع، الذي يسبب أنماطاً غير طبيعية في قراءة التخطيط الدماغي.[3] تستعمل هذه الآلية أيضا لتشخيص اضطرابات النوم، الغيبوبة، الاعتلالات الدماغية، والموت الدماغي. استعمل التخطيط الدماغي سابقا كطريقة تشخيص أولى للأورام والسكتة وغيرها من اضطرابات الدماغ البؤرية،[4] إلا أن استعمالها قد تضائل مع ظهور تقنيات تصوير تشريحية عالية الدقة مثل: التصوير بالرنين المغناطيسي ((MRI والتصوير المقطعي المحوسب (.(CTرغم محدودية دقته المكانية، لا يزال تخطيط الدماغ أداة قيمة في مجالات البحث والتشخيص، وبشكل خاص عند الحاجة إلى دقة زمانية بمقدار جزء من الألف من الثانية والتي لا توفرها تقنيات أخرى مثل الرنين المغناطيسي والتصوير المقطعي.

من مشتقات تخطيط كهربية الدماغ ما يعرف بالجهود المُثارة ((EP، التي تتضمن معادلة نشاط تخطيط كهربية الدماغ ليكون مثبتا زمنياً مع التعريض لمحفز معين (محفز بصري، أو لمسي، أو سمعي). وتشير الجهود المرتبطة بحدث ((ERPإلى استجابات تخطيط كهربية الدماغ المعدالة الذي هو مثبت زمنياً لعمليات أكثر تعقيداً للمحفزات؛ تستعمل هذه التقنية في العلوم الاستعرافية، علم النفس المعرفي، وأبحاث فسيولوجيا علم النفس.

الاستعمال الطبّي :

يستغرق تسجيلٌ تخطيط كهربية الدماغ السريري الاعتيادي عادة فترة 20-30 دقيقة (إضافة إلى وقت التحضير)، ويتضمن عادة التسجيل عبر أقطاب على فروة الرأس، ويُستخدم تخطيط كهربية الدماغ الاعتيادي في الظروف السريرية الآتية:

- لتمييز النوبات الصرعية عن أنواع أخرى من الفواصل، مثل النوبات اللاصرعية النفسية المنشأ، والإغماء، واضطرابات الحركة تحت القشرية، وأنواع الصداع النصفي.
- للتفريق بين الاعتلال الدماغي «العضوي» أو الهذيان من المتلازمات الأولية المتعلقة بطب النفس مثل الجامود.
- لتستخدم كفحصٍ ملحق للموت الدماغي.
- للتنبؤ بسير المرض عند مرضى في غيبوبة في حالات معينة.
- لاتخاذ قرار بشأن قطع استعمال الأدوية المضادة للصرع أو ابقائها.

ثمة أوقات، يكون فيها تخطيط كهربية الدماغ الاعتيادي غير كافٍ، خاصةً عند ضرورة إجراء تسجيل لمريض أثناء حدوث نوبة. في هذه الحالة، يمكن إدخال المريض المستشفى لعدة أيام أو أسابيع، حيث يُسجل فيها تخطيط الدماغ بشكل مستمر (بالتزامن مع تسجيل للصوت والصورة لذلك المريض)، تسجيل نوبة فعلية (أي تسجيلٌ نشبيّ، بدلاً من تسجيل بين نشبي يؤخذ في أوقات بين النوبات لمريض من المحتمل إصابته بالصرع) ويمكن أن يقدم معلومات أفضل بكثير عن ما إذا كانت فاصلة ما هي نوبة صرعية أم لا، وعن البؤرة في الدماغ التي ينطلق منها نشاط النوبة.

يراقب مريض الصرع للأغراض الآتية:

- لتمييز النوبات الصرعية عن أنواع أخرى من الفواصل، مثل النوبات اللاصرعية نفسية المنشأ، الإغماء، اضطرابات الحركة التحت قشرية، وأنواع الصداع النصفي.
- لتحديد خصائص النوبات لأغراض علاجية.
- لتحديد المنطقة التي تنشا منها النوبة في الدماغ من أجل التحضير لجراحة ممكنة.

إضافة إلى ذلك، قد يستعمل تخطيط كهربية الدماغ لمراقبة إجراءات معينة، مثل:

- لمراقبة عمق التخدير.
- كمؤشر غير مباشر لحدوث إرواء مخي في عملية استئصال باطنة الشريان السباتي.
- لمراقبة أثر الأموباربيتال خلال فحص (وادا).

يمكن أيضاً استخدام هذه التقنية في وحدات العناية الفائقة لمراقبة وظائف المخ:

- لمراقبة النوبات اللاتشنجية/ الحالة الصرعية اللاتشنجية.

- لمراقبة أثر التخدير على المرضى في الغيبوبة المحفزة طبياً (العلاج النوبات المقاومة للعلاج أو أرتفاع الضغط داخل الجمجمة).
- لمراقبة التلف الدماغي الثانوي في حالات مثل نزف تحت العنكبوتية (يستعمل حالياً في الأبحاث).

في حالة الجراحة الاستئصالية عند مريض الصرع، غالبا ما يلزم تحديد البؤرة (المصدر) التي ينشأ منها النشاط الدماغي بدقة أعلى من تلك التي يوفرها تخطيط كهربية الدماغ عن فروة الرأس. ذلك بسبب أن السائل الدماغي الشوكي والجمجمة والفروة يعملون على «تشويش» الجهود الكهربائية المسجلة بواسطة تخطيط الدماغ من فروة الرأس. في هذه الحالات، يقوم جراحو الأعصاب عادة بزراعة شرائط وشبكات من الأقطاب الكهربائية (أو أقطاب مخترقة للعمق) تحت الأم الجافية، من خلال إما عملية حج القحف أو نقب الجمجمة. تسجيل هذه الأشارات يسمى: تخطيط قشرة الدماغ ((ECoGأو تخطيط كهربية دماغ تحت جافي ((sdEEG أو داخل قحفي (,(icEEGكل هذه المصطلحات تشير إلى الأمر ذاته. إن الإشارات المسجلة من تخطيط قشرة الدماغ تكون على مستوى نشاط مغاير لذلك المسجل في تخطيط فروة الرأس. يمكن للمكونات منخفضة الجهد عالية التردد التي يصعب مشاهدتها (أو يستحيل) في تخطيط فروة الرأس أن ترى بوضوح في تخطيط قشرة الدماغ. كما تستطيع الأقطاب الصغيرة (التى تغطى جزءاً أصغر من سطح الدماغ) أن تظهر مكونات أسرع وذات جهد أقل من نشاط الدماغ. بعض المواقع السريرية تسجل بواسطة اقطاب دقيقة مخترِقة.[2] يمكن استخدام ال ((EEGعلى جميع الأطفال المرضى الذين يعانون من أول نوبة من تشنجات غير مصحوبة بالحمى أو تشنجات معقدة مصحوبة بالحمى. لا يستعمل تخطيط كهربية الدماغ لتشخيص الصداع.[6] يعتبر الصداع المتكرر مشكلة ألم شائعة، ومن الممكن هنا استعمال هذه التقنية للبحث عن تشخيص، إلا انها لا تتميز عن إجراءات التقييم السريري الاعتيادية

الاستعمال البحثي:

تستعمل تخطيط كهربية الدماغ ودراسة الجهود المتعلقة بحدث ((ERPsذات العلاقة بشكل كبير في أبحاث علم الأعصاب، العلم الاستعرافي، علم النفس المعرفي، اللغويات العصبية، وفسيولوجيا علم النفس. كثير من تقنيات تخطيط الدماغ المستعملة في الأبحاث ليست موحدة بما يكفي للاستعمال السريري.

الإيجابيات :

هناك الكثير من الطرق الأخرى لدراسة وظائف الدماغ، منها: تصوير الرنين المغناطيسي الوظيفي (,(fMRI تصوير الإصدار البوزيتروني المقطعي، تخطيط الدماغ المغناطيسي ((MEG، مطيافية الرنين المغناطيسي النووي، تخطيط قشرة الدماغ، التصوير بأشعة جاما ((SPECT، مطيافية بالأشعة القريبة من تحت الحمراء ((NIRS، والإشارة البصرية المرتبطة بحدث (.(EROSبغض النظر عن الحساسية المكانية الضعيفة نسبياً لتخطيط كهربية الدماغ، إلا أنه يتميز بعدة ميزات عن بعض تلك التقنيات:

- كلفة المعدات اقل بكثير من معدات معظم التقنيات الأخرى.[7]

- يمنع المحدودية في توفر القنيين لتقديم عناية سريعة في المستشفيات المزدحمة.[8]
- يمكن لحساسات التخطيط الدماغي أن تستعمل في أماكن أكثر من fMRI, SPECT, PET, MRS, MEG, اذ أن تلك التقنيات تتطلب معدات ثابتة وكبيرة. مثلاً، تحتاج تقنية MEG أدوات تتكون من مستشعرات مبردة بالهيليوم السائل التي لا يمكن استعمالها إلا في غرف محمية مغناطيسياً، ما قد يكلف مجتمعة عدة ملايين دولار.[9] كمان أن fMRI تتطلب استعمال مغناطيس بحجم 1 طن في غرفة محمية ايضاً.
- تمتلك دقة زمانية عالية جداً بنظام درجة واحد من ألف من الثانية بدلاً من الثواني. يسجل تخطيط الدماغ عادة بمعدلات معاينة تتراوح بين 250 و 2000 هيرتز في الأوضاع السريرية والبحثية، إلا أن أنظمة جمع المعلومات الحديثة لتخطيط الدماغ قادرة على التسجيل لمعدلات معاينة تفوق 20,000 هيرتز إذا لزم.MEG و EROS هي التقنيات الغير متوغلة المستعملة في علم الأعصاب الاستعرافي الوحيدة التي تتطلب بيانات بهذا المستوى من الدقة الزمانية.([9]
- لا تتأثر نسبياً بحركة المريض، بعكس معظم تقنيات التصوير العصبي الأخرى. حتى أنه يوجد تقنيات تعمل على تقليل أو حتى إزالة خوادع الحركة من بيانات تخطيط الدماغ.[10]
- تخطيط كهربية الدماغ هي تقنية صامتة، مما يساعد في دراسة أفضل للاستجابات للمحفزات الصوتية.[11]
- لا تعمل على مفاقمة رهاب الاماكن المغلقة، بعكس fMRI, PET, MRS, SPECT, وأحياناً MEG.[12]
- لا تتضمن التعرض لمجال مغناطيسي عالي الكثافة (أعلى من 1 تسلا)، كما في تقنيات أخرى، خاصة MRI و MRS. يمكن لمثل تلك المجالات أن تسبب عدة مشاكل غير مرغوب بها في البيانات، كذلك تمنع استعمال تلك التقنيات مع أشخاص مع غرسات معدنية في أجسادهم، مثل ضابط الإيقاع المحتوي على معدن.[13]
- لا يتضمن التعرض لربائط مشعة، بخلاف تقنية تصوير الإصدار البوزيتروني المقطعي.
- دراسات ERP يمكن أن تجرى بنماذج بسيطة نسبياً، مقارنة بدراسات IE block-design fMRI.
- غير متوغلة بتاتاً، بخلاف تخطيط قشرة الدماغ الذي يتطلب فعليا وضع أقطاب على سطح الدماغ.

يمتلك تخطيط كهربية الدماغ أيضاً ميزات مرغوبة في اختبار السلوك:

- بإمكانه كشف المعالجة الخفية (أي المعالجة التي لا تتطلب استجابة .
- يمكن استعماله مع أشخاص يعجزون عن القيام باستجابات حركية.
- يمكن التقاط بعض مكونات ERP حتى عندما لا يكون الشخص منتبهاً للمحفزات.
- بخلاف الطرق الأخرى في دراسة زمن رد الفعل، يمكن لتقنية ERP تحليل مراحل من المعالجة (وليس فقط النتيجة النهائية).
- يعد تخطيط كهربية الدماغ أداة قوية لمتابعة تغيرات الدماغ خلال مراحل مختلفة من الحياة. يمكن لتحليل النوم بواسطة تخطيط الدماغ أن يظهر جوانب هامة من التسلسل الزمني لتطور الدماغ، بما في

ذلك تقييم نضوج دماغ المراهق علماً أنه يمكن مراقبة النشاط الدماغي أيضا من خلال التصوير المقطعي.[18]

- ثمة معرفة أفضل لماهية الإشارة المقاسة في هذه التقنية مقارنة بتقنيات بحث أخرى، أي استجابة BOLD في تقنية MRI.

السلبيات :

الدقة المكانية المنخفضة على فروة الرأس. إذ يمكن لتقنية – fMRIعلى سبيل المثال- أن تظهر المناطق النشطة من الدماغ بشكل مباشر، في حين يحتاج تخطيط كهربية الدماغ إلى تحليل مكثف لمجرد افتراض المناطق التي تنشطها استجابة معينة.[19]

- يصعب التقاط أي نشاط عصبي يتم تحت الطبقات العليا من الدماغ (القشرة).
- بعكس تقنيات PET و MRS ، تعجز عن تحديد مناطق معينة في الدماغ التي يمكن أن تتواجد فيها النواقل العصبية، الأدوية، إلخ.[13]
- عملية ربط شخص بعدة تخطيط الدماغ تتطلب وقتاً طويلاً في العادة، إذ أنها تتطلب وضع عشرات الأقطاب بدقة حول الرأس واستعمال أنواع مختلفة من الهلام والمحاليل الملحية و/أو مواد عجينية لتثبتها في مكانها. وبالرغم من اختلاف المدة الزمنية باختلاف أداة التخطيط المستعملة، فإنه يمكن القول أن تحضير الشخص لإحدى تقنيات MEG, fMRI, MRS,أو SPECT يأخذ وقتاً أقصر بكثير.
- معدل الإشارة-إلى-التشويش قليل، وبالتالي يلزم تحليل بيانات معقدة وعدد كبير من الأفراد لاستخلاص معلومات مفيدة من تخطيط كهربية الدماغ.
-

مع تقنيات أخرى للتصوير العصبي:

تم بنجاح استخدام التسجيل بواسطة تخطيط الدماغ والمسح بواسطة (fMRI)معا بشكل متزامن، على الرغم من ذلك فإن التسجيل المتزامن للتقنيتين يتطلب التغلب على الكثير من الصعوبات الفنية، مثل وجود شوائب لتخطيط القلب البالستي، بقايا نبض ال ((MRI، وتحفيز التيارات الكهربائية في اسلاك ال (EEG) التي تنتقل خلال حقل مغناطيسي قوي لل (.(MRIلكن تم التغلب على هذه التحديات بنجاح في عدد من الدراسات.[23] ينتج ال (MRI)صور مفصلة منتجة عن طريق توليد حقول مغناطيسية قوية التي من الممكن ان تحفز إنتاج قوة ازاحة وعزم دوران مضرين. هذه الحقول تنتج ترددات راديوية حارة من المحتمل ان تكون ضارة وتنتج شوائب للصور تعكس رداءة الصور. بسبب هذه المخاطر المحتملة، فإن فقط اجهزة معينة يمكن استخدامها في بيئة ال (.(MRبشكل متشابه، تم استخدام تسجيلات ال (MEG)وال (EEG)معا بشكل متزامن، الذي نتج عنه العديد من الايجابيات مقارنة عند استخدام كل تقنية على حدى:

- يتطلب ال (EEG)معلومات دقيقة حول جوانب معينة من الجمجمة التي من الممكن تقييمها، كقطر الجمجمة وموصليات مواقع مختلفة من الجمجمة. بالمقابل فإن تقنية (MEG)لا تحتاج إلى هذه المعلومات، وبالتالي فإن استخدام التقنيتين معا يلغي الحاجة إلى هذه المعلومات.

- ((MEGو ((EEGيكشفان النشاط تحت سطح قشرة الدماغ بشكل ضعيف، ومثل ال ((EEG، يزداد مستوى الخطأ مع ازدياد العمق تحت سطح قشرة الدماغ عند محاولات الفحص. على الرغم من ذلك، فإن الاخطاء الناتجة من كلا التقنيتان تختلفان كثيرا، بالتالي استخدامهما معا يصلح بعض هذه الاخطاء.
- ((MEGلا يستطيع الوصول لأي مصدر للنشاط الدماغي تحت قشرة الدماغ بعدة سنتيمترات. بالمقابل، ((EEGيستطيع استقبال اشارات من اماكن اعمق تحت القشرة، لكن مع درجات اعلى من الخطأ. بالتالي استخدامهما معا يجعل الامر أسهل لتحديد الاشارات القادمة من السطح من إشارة ال)EEGبما أن ((MEGدقيقة جدا في الكشف عن الاشارات القادمة من السطح)، وتحديد الاشارات القادمة من اماكن اعمق في الدماغ، وهذا يساعد في تحليل اشارات اعمق مقارنة عند استخدام كل تقنية بشكل منفصل.[24]

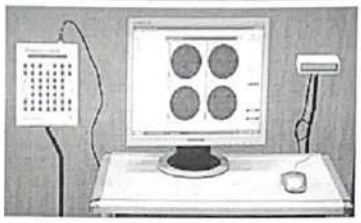
استخدم ال ((EEGمع التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني. وهذا سمح للباحثين بمعرفة اشارات ال ((EEGالمصاحبة لمختلف الأدوية في الدماغ.

آلية العمل:

يتم المحافظة على الشحنة الكهربائية للدماغ من خلال مليارات من الخلايا العصبية. الخلايا العصبية مشحونة كهربائيا (مستقطبة) من خلال البروتينات الناقلة في الغشاء الخلوي، حيث تقوم بضخ الايونات عبر أغشيتها. تقوم الخلايا العصبية باستبدال الأيونات بشكل ثابت مع المحيط الخارجي للخلية، على سبيل المثال للمحافظة على جهد الراحة ونشر جهود الفعل. الايونات ذات الشحنة المتشابهة تتنافر مع بعضها البعض، فعندما يتم إخراج عدد كبير من الايونات خارج الخلايا العصبية في نفس الوقت، تقوم الايونات بدفع الايونات المجاورة لها فتقوم الأخرى بدفع ما يجاورها وهكذا على شكل موجة. تعرف هذه العملية بحجم التوصيل. عندما تصل موجة الايونات للأقطاب الموجودة على فروة الرأس، تقوم بدفع وسحب الالكترونات على الجزء المعدني على الأقطاب. وبما أن المعدن موصل سهل للدفع والسحب، يمكن قياس الفرق في جهد الدفع أو السحب بين أي قطبين من خلال جهاز الفولتميتر. تسجيل هذه الجهود مع الوقت يعطينا تخطيط الدماغ.[26] الجهد الكهربائي الناشئ من خلية عصبية واحدة صغير جدا ليتم التقاطه بواسطة ((EEGو[26] (.(MEGبالتالي فإن نشاط ((EEGيعكس دائما مجموع الاف أو ملايين الخلايا العصبية المتزامنة ذات الاتجاه المكاني المتماثل. إذا كانت الخلايا العصبية لا تمتلك نفس الاتجاه المكاني، فإن ايوناتها لا تصطف ولا تنتج أمواجا يمكن قياسها. يعتقد أن الخلايا العصبية الهرمية الموجودة في قشرة الدماغ تنتج معظم اشارت ال ((EEGلأنها مصطفة بانتظام وتنطلق معا. لأن حقول الجهد تقل مع مربع المسافة، فإن كشف النشاط الناشئ من مصادر عميقة أصعب مقارنة مع التيارات القريبة من الجمجمة.[27] يظهر نشاط ال ((EEGلفروة الرأس ذبذبات على ترددات متنوعة. العديد من هذه الذبذبات تتميز بنطاقات تردد معينة، توزيعات مكانية، بالإضافة إلى انها مرتبطة بحالات مختلفة من عمل الدماغ (مثل المشي ومراحل النوم المختلفة). تمثل هذه الذبذبات نشاطات متزامنة لشبكة من الخلايا العصبية. بعض الشبكات العصبية التي يكمن وراءها بعض الذبذبات مفهومة (مثل الرنين المهادي القشري يكمن وراء تموجات النوم)، بينما العديد منها غير مفهومة (مثل النظام الذي ينتج الإيقاع الاساسي الخلفي).

أحد الابحاث الذي يدرس ال ((EEGوارتفاعات الخلايا العصبية وجد أن العلاقة بينهما هى علاقة معقدة، والمزج بين طاقة ال ((EEGفي حزمة جاما والحالة في حزمة دلتا يرتبطون بقوة مع نشاط الخلية العصبية الغزلية.[28]

الطريقة:



جهاز حاسوب لتخطيط امواج الدماغ

في ال ((EEGالتقليدي لفروة الرأس، يتم التسجيل من خلال وضع اقطاب على فروة الرأس مع جل أو لاصق موصل، عادة يوضع ذلك بعد تحضير منطقة فروة الرأس بكشط خفيف لتقليل الممانعة الناتجة عن خلايا الجلد الميتة. العديد من الانظمة عادة تستخدم اقطاب، كل منها متصل بسلك منفرد. بعض الانظمة تستخدم قبعات أو شبكات والتي توضع فيها الأقطاب؛ وهي شائعة خاصة عند الحاجة إلى صفوف من الاقطاب عالية الكثافة. يتم تحديد مواقع وأسماء الاقطاب من خلال نظام 10-20 العالمي[29] لمعظم التطبيقات السريرية والبحثية (إلا في حالة استخدام الصفوف عالية الكثافة). يضمن هذا النظام توحيد أسماء الاقطاب في جميع المختبرات. في معظم التطبيقات السريرية، يتم استخدام 19 قطب تسجيل (بالإضافة إلى أرض ونظام مرجعي).[30] عدد أقل من الاقطاب تستخدم عادة لتسجيل تخطيط الدماغ من حديثي الولادة. اقطاب اضافية يمكن اضافتها للنظام في بعض التطبيقات البحثية أو السريرية لزيادة الدقة المكانية لمنطقة معينة من الدماغ. الصفوف عالية الكثافة (عادة عن طريق القبعة أو الشبكة)، يمكن أن تحتوي حتى 256 قطب، أكثر أو أقل موزعة بالتساوي حول فروة الرأس. كل قطب يتصل بمدخل واحد لمكبر تباين (مكبر واحد لكل زوج من الأقطاب)؛ ويتم ربط قطب نظام مرجعي شائع بالمدخل الآخر لكل مكبر تباين. هذه المكبرات تكبر فرق الجهد بين القطب الفعال والقطب المرجعي (عادة من 1000_100,000 مرة، أو 60-100 ديسيبل من زيادة الجهد). في ال ((EEGالتناظري، ترشح الإشارة بعد ذلك (الفقرة التالية)، وتخرج إشارة التخطيط على شكل انحرافات اقلام على ورقة تمر تحتها. معظم انظمة ال ((EEGهذه الايام رقمية، ورُقّمت الإشارة المكبرة من خلال محوّل تناظري رقمي، من بعد المرور خلال مرشح مضاد للتشويش. المعاينة التناظرية لرقمية تحدث على 256-512 هيرتز في جهاز ال ((EEGلفروة الرأس؛ تستخدم نسب معاينة حتى 20 كيلو هيرتز في بعض التطبيقات البحثية. يمكن استخدام مجموعة من عمليات التنشيط خلال عملية التسجيل. هذه العمليات يمكن ان تحفز نشاط عادي أو غير عادي لل ((EEGبحيث لا ترى بطرق أخرى. هذه العمليات تتضمن فرط التهوية، تحفيز ضوئي (من خلال ضوء صاعق)، اغلاق العين، النشاط العقلي، النوم وقلة النوم. خلال متابعة مرض الصرع (في نزيل مستشفى)، قد يتم سحب أدوية نوبات التشنج المتخصصة من المريض. يتم تخزين إشارة ال ((EEGالرقمي الكترونيا ومن

الممكن ترشيحها لعرضها. الضبط النموذجي لمرشح الترددات العالية ومرشح الترددات المنخفضة هو 0.5-1 هيرتز و 35-70 هيرتز، على التوالي. يرشح مرشح الترددات العالية عادة الشوائب البطيئة، كالإشارات الجلفانية الإلكترونية وشوائب الحركة، بينما مرشح الترددات المنخفضة يرشح الشوائب ذات الترددات العالية، كإشارات التخطيط العضلي الإلكتروني. مرشح اضافي عادة يستخدم لإزالة الشوائب الناتجة عن خطوط الطاقة الكهربائية (60 هيرتز في الولايات المتحدة و 50 هيرتز في عدد من الدول الأخرى).[2] تتم معالجة إشارة ال ((EEGمن خلال برمجيات EEG المتوفرة مجانا مثل EEGLAB و Neurophysiological Biomarker Tool Box.كجزء لتقييم جراحة الصرع، قد يكون من الضروري وضع اقطاب قريبة من سطح الدماغ وتحت سطح الام الجافية. يحدث هذا من خلال ثقب حفرة أو حج القحف. تعود هذه العملية ل " التخطيط الكهربائي لقشرة الدماغ (,(ECoGداخل الجمجمة ((IEEGأو تحت الام الجافية (.(SD-EEGاقطاب عميقة يمكن وضعها داخل أجزاء الدماغ، مثل اللوزة الدماغية وقرن امون، التي تعتبر بؤر صرع شائعة والتي من الممكن ان لا ترى بشكل واضح من خلال ال ((EEGلفروة الرأس. تُعالج إشارة التخطيط الكهربائي لقشرة الدماغ بنفس طريقة ال ((EEGالرقمية لفروة الرأس (في الأعلى)، بالإضافة للقليل من الحذر. يُسجلECoG عادة عند درجات معاينة اعلى من ال ((EEGلفروة الرأس بسبب متطلبات مبرهنة المعاينة- أن إشارة تحت الام الجافية تتكون من كميات كبيرة من المكونات عالية التردد. أيضا، العديد من الشوائب التي تؤثر على ((EEGلفروة الرأس لا تؤثر على ((ECoG، وبالتالي لا توجد حاجة لعرض المرشح عادة. اشارات ال ((EEGالنموذجية للإنسان تتراوح بين 10-100 ميكروفولت في مقدارها عندما تقاس من فروة الرأس (31) وحوالي 10-20 ملي فولت عندما تقاس من الاقطاب الموجودة تحت الام الجافية. بما أن إشارة جهد ال ((EEGتمثل الفرق في الجهد بين قطبين، فإنه يمكن ضبط عرض ال ((EEGلقارئ تخطيط امواج الدماغ في عدة طرق. يسمى تمثيل قنوات ال ((EEGبالمونتاج.

المونتاج المتسلسل

تمثل كل قناة (على شكل موجة) الاختلاف بين قطبين متجاورين. تتكون عملية المونتاج الكلية من سلسلة من هذه القنوات. على سبيل المثال، تمثل قناة ""Fp1-F3 فرق الجهد بين قطب Fp1 وقطب .F3وتمثل القناة التالية في المونتاج " "F3-C3فرق الجهد بين F3 و ,C3وهكذا خلال جميع صفوف الاقطاب.

المونتاج المرجعي

تمثل كل قناة الفرق بين قطب معين وقطب مرجعي مخصص. لا يوجد موقع نموذجي للقطب المرجعي، لكنه في مواقع مختلفة عن مواقع أقطاب التسجيل. يستخدم عادة مواقع وسطية لأنها لا تقوم بتكبير الإشارة نصف دائرة واحدة على عكس الاخرين. تعد «الاذان المتصلة» مرجع شائع اخر، وهو عبارة عن معدل فيزيائي أو رياضي للاقطاب المتصلة بشحمتي الاذن أو الزوائد اللحمية.

مونتاج المرجع المتوسط :

يتم تجميع واخذ متوسط جميع نتائج المكبرات، وتستخدم هذه الإشارة الوسطية كمرجع شائع لكل قناة.

المونتاج اللابلاسي :

تمثل كل قناة الفرق بين القطب والمتوسط المرجح للاقطاب المجاورة. عند استخدام ال ((EEGالتناظري (الورقي)، يستطيع التقني التغيير بين المونتاجات المختلفة خلال عملية التسجيل لإظهار أو لتمييز أفضل لخصائص معينة لل (.(EEGجميع الاشارات في ال ((EEGالرقمي مرقمة ومخزنة في مونتاج معين (عادة المونتاج المرجعي)؛ بما ان أي مونتاج يمكن أن يُبنى رياضيا من أي مونتاج آخر، فيمكن عرض ال ((EEG بواسطة جهاز تخطيط امواج الدماغ في أي مونتاج عرض مرغوب به. يُقرأ ال ((EEGمن قبل متخصص في فسيولوجيا الاعصاب أو عالم اعصاب (يعتمد ذلك على العرف المحلي أو القوانين المتعلقة بالتخصصات الطبية)، ويفضل عادة من تلقى تدريبا خاصا في تحليل ال ((EEGلأغراض سريرية. يحدث هذا من خلال الفحص البصري للأشكال الموجية، تسمى العناصر الرسومية. استخدام الكمبيوتر لمعالجة اشارات ال ((EEGيعرف أيضا بتخطيط امواج الدماغ الكمي- والذي يعتبر استخدامه في الاغراض السريرية موضع جدل (على الرغم من استخدماته المتعددة للأغراض البحثية).

القيود:

لدى ال ((EEGالعديد من القيود. أهمها ضعف الدقة المكانية.[31] يعد ال ((EEGالأكثر حساسية لمجموعة معينة من الجهود البعد تشابكية العصبية، يتم توليد هذه الجهود في طبقات سطحية لقشرة الدماغ، وعلى قمم التلافيف العصبية مرتكزة مباشرة على الجمجمة وعلى محور الجمجمة. الزوائد الشجرية للخلية العصبية، والتي توجد على عمق أكبر في قشرة الدماغ، داخل الأتلام، في الوسط أو في الأجزاء العميقة (مثل التلفيف الحزامي أو قرن امون)، أو تنتج تيارات مماسية للجمجمة، تساهم بمقدار ضئيل جدا في اشارات ال (.(EEGلا تلتقط تسجيلات ال ((EEGجهود فعل المحاور العصبية مباشرة. يُمثِّل جهد الفعل بشكل صحيح على شكل تيار رباعي الاقطاب، مما يعني أن الحقل الناتج يقل بشكل اسرع مقارنة مع الحقول التي تنتجها التيارات ثنائية الاقطاب للجهود البعد تشابكية.[32] بالإضافة لذلك، بما أن ال ((EEGتمثل متوسطات الاف الخلايا العصبية، فمن الضروري وجود تجمعات كبيرة من الخلايا العصبية التي تعمل بشكل متناسق لتسبب انحرافا شديدا على التسجيلات. تتميز جهود الفعل أنها سريعة جدا، ونتيجة لذلك، فإن فرص تجميع الحقول ضئيلة. على الرغم من ذلك، فإن الخلايا العصبية العكسية، التي تمتاز بزوائد عصبية ذات تيار ثنائي اقطاب أطول، يمكن التقاطها بواسطة اقطاب ال ((EEGوتمثل مؤشر دقيق لحدوث الناتج العصبي. لا يقتصر عمل ال ((EEGعلى التقاط تيارات الزوائد العصبية بشكل حصري تقريبا كمعاكسة لتيارات المحاور العصبية فحسب، لكنه أيضا يظهر تفضيلا لنشاط تجمعات من التشعبات العصبية المتوازية وتنقل التيارات بنفس الاتجاه وفي نفس الوقت. تمد الخلايا العصبية الهرمية الخاصة بالطبقات القشرية رقم 2,3و 5 التشعبات

العصبية القمية إلى الطبقة الأولى. التيارات التي تحرك هذه العمليات للأعلى والاسفل هي نفسها المسؤولة عن معظم الاشارات الناتجة عن تخطيط امواج الدماغ.[33] بالتالي، يزود ال ((EEGمعلومات ذات انحياز كبير لاختيار أنواع الخلايا العصبية، وبشكل عام لا يجوز استخدامها كمرجع شامل لنشاط الدماغ. طبقة السحايا، السائل المخي الشوكي، والجمجمة «يلطخون» إشارة ال ((EEG، حاجبة مصدره الداخل قحفي. من المستحيل رياضيا إعادة بناء مصدر فريد للتيار الداخل قحفي لإشارة معطاة من ال ((EEG[2] ، بما أن بعض التيارات تنتج جهود فعل التي تلغي بعضها الآخر. وهذا يسمى بالمشكلة العكسية. على الرغم من ذلك، فإن تم القيام بعمل كثير لإنتاج تقييم واضح تقدر، على الأقل، لثنائي قطب كهربائي موضعي والذي يمثل التيارات المسجلة.

EEG ضد fMRI, fNIRS و PET:

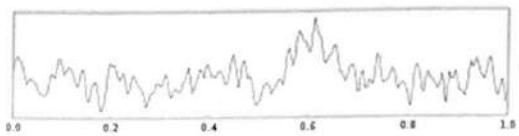
يمتلك ال ((EEGنقاط قوة عديدة كأداة لاكتشاف النشاط الدماغي. تستطيع تقنيات تخطيط الدماغ الكشف عن التغيرات التي تحدث خلال أجزاء بالألف من الثانية، بحيث يعتبر جيدا عند الاخذ بعين الاعتبار أن جهد الفعل يحتاج ل 0.5-130 جزء بألف من الثانية للانتشار خلال خلية عصبية واحدة، وذلك تبعا لنوع الخلية العصبية.[34] لدى بعض الطرق الأخرى للكشف عن النشاط الدماغي، مثل PET و fMRI دقة زمنية تتراوح بين الثواني والدقائق. يقيس ال ((EEGنشاط الدماغ الكهربائي بشكل مباشر، بينما الطرق الأخرى تسجل التغيرات في تدفق الدم (مثل (SPECT, fMRI، أو النشاط الايضى مثل ((PET, NIRS، والتي تعد من العلامات غير المباشرة لنشاط الدماغ الكهربائي. يمكن استخدام ال ((EEGوال ((fMRIمعا، بالتالي فإنه من الممكن تسجيل معلومات ذات دقة زمنية عالية وفي نفس الوقت ذات دقة مكانية عالية، ومع ذلك، بما البيانات المأخوذة من كل منها تحدث في اوقات مختلفة، فإن مجموعة البيانات لا تمثل بالضرورة تماما نفس النشاط الدماغي. هناك مجموعة من المصاعب الفنية مصاحبة لهذا المزج، تتضمن الحاجة لازالة شائبة تدرج ال ((MRIالناتجة خلال تحصيل ال ((MRIوشوائب تخطيط القلب البالستى (الناتج من الحركة النبضية للدم والانسجة) من ال (.(EEGبالإضافة إلى ذلك، يمكن تحفيز تيارات لنقل اسلاك اقطاب ال ((EEGمن خلال الحقل المغناطيسى لل (.(MRIيمكن استخدام ال ((EEGبالتزامن مع ال ((NIRS دون صعوبات تقنية كبيرة. لا يوجد تأثير لهذه الطرق على بعضها الآخر، وتعطى قياسات مشتركة تعطى معلومات مفيدة حول النشاط الكهربائي بالإضافة إلى ديناميكا الدم الموضعية.

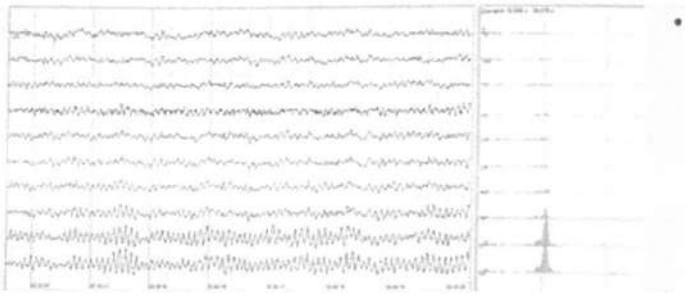
EEG ضد MEG :

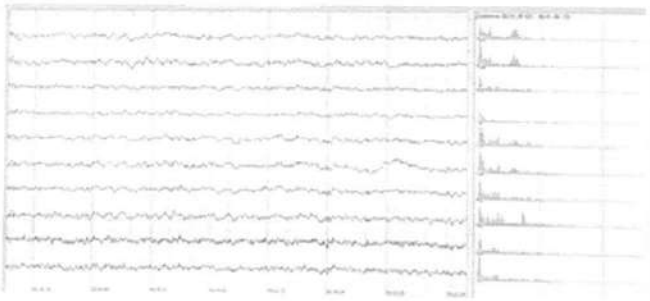
يعكس ال ((EEGنشاط المشابك العصبية ذات العلاقة الناتجة عن الجهود البعد تشابكية العصبية للخلايا العصبية القشرية. لا تسهم التيارات الايونية المتضمنة في توليد جهود فعل سريعة بشكل كبير في جهود الحقل المعادلة التي تمثل ال (.EEG[28][35] بشكل ادق، يُعتقد أن الجهود الكهربائية لفروة الرأس التي تنتج ال ((EEGتحدث من خلال تيارات ايونية خارج خلوية تحدث بواسطة النشاط الكهربائي للتشعبات

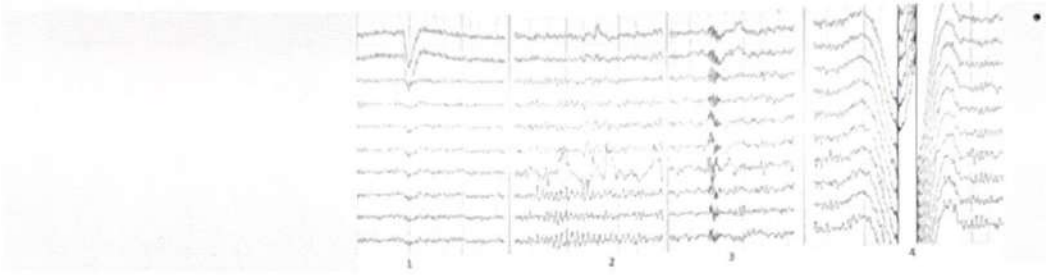
العصبية، بينما الحقول التي تنتج اشارات تخطيط امواج الدماغ المغناطيسية مرتبطة بالتيارات الايونية الداخل خلوية.[9] . are associated with intracellular ionic currents[36] يمكن تسجيل ال ((EEGبنفس الوقت مع ال ((MEG، بالتالي يمكن دمج المعلومات الناتجة عن التقنيات المكملة ذات الدقة الزمنية العالية. تتم تطبيق دراسات عن المحاكاة الرقمية ل ((EEG [37] و (.(MEGمثل Dr. Oguz Tanzer, Ph.D. Thesis.

النشاط الطبيعي









ثانية واحدة من إشارة تخطيط امواج الدماغ

يوصف ال ((EEGبمصطلحي (1) النشاط الإيقاعي و (2) الحالات العابرة. يقسم النشاط الإيقاعي إلى حزم تبعا للتردد. يتم تسمية حزم الترددات بأسماء معينة (مثلا النشاط الإيقاعي الواقع بين 8-12 هيرتز يدعى «ألفا»)، لكن برزت هذه التصميمات لانه لوحظ أن النشاط الإيقاعي ضمن نطاق محدد من الترددات له توزيعات على فروة الرأس أو له اهمية حيوية معينة. تستخرج حزم الترددات باستخدام طرق طيفية (مثل ولش) متوافرة مجانا في برمجيات ال ((EEGمثل EEGLAB و Neurophysiological Biomarker Tool Box.وتسمى المعالجة المحوسبة لل ((EEGبتخطيط امواج الدماغ الكمي. تقع معظم الاشارات الدماغية الموجودة على فروة الرأس في نطاق1-20 هيرتز (أي نشاط اعلى أو اقل غالبا ما يكون اصطناعيا، تبعا تقنيات التسجيل السريرية المعيارية). تقسم الاشكال الموجية إلى نطاقات ترددية عرضية وتعرف بألفا، بيتا، ثيتا، ودلتا للدلالة على الأهمية الكبيرة لاستخدام ال ((EEGفي الممارسة السريرية.[38]

مقارنة بين حزم تخطيط امواج الدماغ(EEG)

الحزمة	التردد (بالهيرتز)	الموقع	طبيعيا	مرضيا
دلتا	<4	عند البالغين في الامام، في الخلف عند الاطفال، موجات عالية السعة.	• مرحلة نوم الموجة البطيئة عند البالغين. • في الاطفال. • وجدت في بعض المهمات التي تحتاج للانتباه المستمر.[39]	• الجروح تحت القشرية. • الجروح المنتشرة. • اعتلال استسقاء الرأس الدماغي الايضي. • جروح وسطية عميقة
ثيتا	4-7	موجود في مواقع لا تتعلق بعمل اليد	• اعلى في الاطفال الصغار. • النعاس عند البالغين والمراهقين.	• جروح تحت قشرية مركزية. • اعتلال الدماغ الايضي. • اضطرابات وسطية عميقة.

			• التسكع. • مصاحبة لتثبيط الاستجابات المثارة (ترتفع عندما يحاول الشخص كبت ردود فعل)[39]	• بعض حالات استسقاء الرأس
ألفا	8-15	الاماكن الخلفية للرأس، كلا الجانبين، سعة أعلى في الجهة المهيمنة. أماكن مركزية (C3-C4)عند الراحة	• الاسترخاء. • اغلاق العينين. • مصاحبة للتحكم بالتثبيط وتهدف لتوقيت الانشطة المثبطة في اماكن مختلفة من الدماغ.	• غيبوبة
بيتا	16 – 31	كلا الجانبين، توزيع متماثل، معظمها امامية؛ موجات ذات سعات منخفضة.	• المدى: الهدوء النشط- >انفعال>-توتر- >وسواس خفيف. • التفكير النشط، التركيز، اليقظة العالية، العصبية	• بنزوديازيبين
جاما	+ 32	القشرة الحسية الجسدية	• تظهر خلال المعالجة عبر الوسائط الحسية (افعال تحتاج لحاستين مختلفتين، مثل الصوت والرؤية).[40][41] • خلال الذاكرة القصيرة لتمييز الاشياء، الاصوات والاحاسيس الحسية	• انخفاض في نشاط حزمة جاما قد تكون مصاحبة لانخفاض الادراك، خاصة عندما تتعلق بحزمة ثيتا؛ الا انه لم يتم اثبات استخدامها في القياسات التشخيصية السريرية
ميو	8 – 12	القشرة الحسية الحركية	تظهر حالة الراحة للخلايا العصبية الحركية.[42]	• تثبيط حزمة ميو قد تشير إلى ان الخلايا العصبية الحركية المرآتية تعمل. عدم القدرة على تثبيط ميو، وبالتالي

				الخلايا العصبية المرآتية، يلعب دورا مهما في مرض التوحد[43]

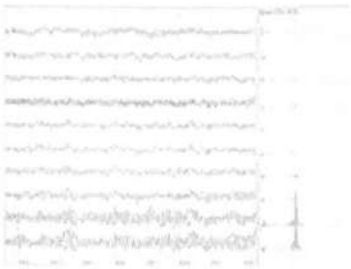
ممارسة استخدام ارقام كاملة فقط في التعريفات تأتي من الاعتبارات العملية في أيام يتم فيها تعداد كل الدورات على ورق التسجيل. ما يؤدي إلى فجوات في التعريفات. تم تحديد التعريفات النظرية بشكل حذر حتى تتضمن جميع الترددات. لسوء الحظ، لا يوجد اتفاقية على مرجع معياري لما يجب ان تكون عليه هذه المستويات - قيم النهاية العليا لحزمة ألفا والنهاية السفلى لحزمة بيتا تتضمن 12، 13، 14 و 15. إذا كان حد العتبة يساوي 14 هيرتز، بالتالي فإن أبطأ موجة لبيتا تستغرق نفس الفترة الزمنية لأطول قمة (70) متر مما يجعلها أكثر قيمة مفيدة.

حزم تردد تخطيط امواج الدماغ :.(EEG) تعريفات محسنة.[44]

الحزمة	التردد (هيرتز)
دلتا	<4
ثيتا	4 ≤و<8
ألفا	8 ≤و<14
بيتا	14 ≤

البعض يقوم أحيانا بتقسيم الحزم إلى حزم فرعية لأغراض تحليل البيانات.

أنماط الموجة:

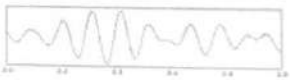


- دلتا: هو نطاق التردد حتى 4 هيرتز. تعد الاعلى من حيث السعة والأبطأ من حيث السرعة. تُرى بشكل طبيعي عند البالغين في مرحلة نوم الموجة البطيئة. كما تُرى بشكل طبيعي عن الأطفال. من الممكن ان تحدث بشكل مركزي مع الجروح تحت القشرية وفي التوزيع العام مع الجروح المنتشرة وفي اعتلال استسقاء الرأس الدماغي الايضي أو الجروح الوسطية العميقة. عادة تكون في منطقة الرأس الامامية عند البالغين (مثل حزم دلتا الايقاعية المتقطعة الامامية) ومن الخلف عند الأطفال (مثل حزم دلتا الايقاعية المتقطعة خلف الجمجمة).

أمواج دلتا

أمواج ثيتا

- ثيتا: هو نطاق التردد من 4 حتى 7 هيرتز. عادة توجد في الأطفال اليافعين. من الممكن رؤيتها عند النعاس أو اليقظة في الأطفال الأكبر سنا أو البالغين؛ ويمكن ان نجدها عند التأمل.[45] زيادة ثيتا مع العمر تمثل نشاطا غير طبيعيا. من الممكن رؤيتها كاضطراب مركزي في الجروح تحت القشرية المركزية. وفي التوزيع العام في الاضطراب المنتشر أو اعتلال الدماغ الايضي أو الاضطرابات الوسطية العميقة أو في بعض حالات استسقاء الرأس. في المقابل، هذه المستويات تتواجد عند الراحة، التأمل وفي الحالات الابداعية.

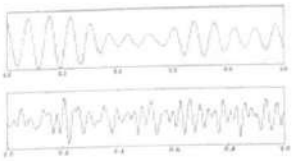


أمواج ألفا

- ألفا: هو نطاق التردد من 7 حتى 14 هيرتز. قام هانز بيرجر بتسمية أول نشاط ايقاعي في تخطيط امواج الدماغ باسم موجة ألفا. وتعد«الإيقاع الاساسي الخلفي» (تسمى أيضا «الإيقاع السائد الخلفي» أو «ايقاع الفا الخلفي»)، نجده في المناطق الخلفية للرأس على كلا الجانبين، وبسعة اعلى في الجهة السائدة. تظهر

عند اغلاق الاعين وعند الراحة، وتقل مع فتح العيون وبذل مجهود عقلي. الإيقاع الاساسي الخلفي عادة ابطا من 8 هيرتز في الأطفال اليافعين (تقنيا في نطاق ثيتا).

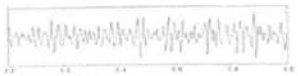
بالإضافة للإيقاع الاساسي الخلفي، يوجد ايقاعات الفا طبيعية مثل ايقاع ميو (نشاط الفا في المنطقة القشرية الحركية الحسية للجهة الجانبية) التي تظهر عندما تكون الايدي والاذرع في حالة خمول، و«الإيقاع الثالث» (نشاط الفا في الفصوص الامامية أو الصدغية «خلف الجمجمة»).[46][47] من الممكن ان تكون الفا غير طبيعية؛ على سبيل المثال، عندما يُظهر تخطيط الدماغ حزم الفا مدمجة كما في حالة الغيبوبة، وعادة لا تستجيب لأي مؤثرات خارجية وتسمى «غيبوبة ألفا».



الايقاع الحسي الحركي, ايقاع ميو

أمواج بيتا

- بيتا: هو نطاق التردد بين 15 و 30 هيرتز. يرى عادة على كلا الجانبين بتوزيع متماثل وغالبا ما تسود في المنطقة الامامية للرأس. يرتبط نشاط بيتا بالسلوك الحركي وعادة يقل عند الحركات النشطة.[45] سعة قليلة لبيتا مع ترددات متنوعة ومتعددة مصاحبة للتفكير النشط، المشغول أو العصبي، وعند التركيز العالي. بيتا الايقاعية مع مجموعة من الترددات السائدة تصاحب مجموعة من الامراض وتفاعلات الادوية، خاصة بينزوديازبين. من الممكن ان تقل أو تختفي في المناطق التي تعاني من ضرر في قشرة الدماغ. يعد بيتا الإيقاع السائد عند المرضى اليقظين أو العصبين أو الذين تكون اعينهم مفتوحة.



أمواج جاما

- جاما: هو نطاق التردد بين 30-100 هيرتز. يُعتقد أن ايقاعات جاما تمثل ارتباط تجمعات من الخلايا العصبية المختلفة معا على شكل شبكة بهدف إنشاء وظيفة حركية أو ادراكية.[2]

ميو: هو نطاق التردد بين 8-13 هيرتز. وتتداخل بشكل جزئي مع ترددات أخرى. تعكس الانطلاق المتزامن للخلايا العصبية الحركية في حالة الراحة. يُعتقد أن تثبيط حزمة ميو تعكس انظمة الخلايا العصبية المرآتية، لأنه عند ملاحظة عمل معين، يختفي نمط الموجة، قد يكون بسبب النظام العصبي الطبيعي ونظام الخلايا العصبية المرآتية «تخرج عن التماثل»، وبالتالي تؤثر بعضها على بعض.[43] يتم تسجيل النشاط «فائق البطء» أو «التيار شبه المستمر» من خلال مكبرات التيار المستمر في بعض الابحاث. لا يتم عادة تسجيله في الحالات السريرية لان الإشارة على هذه الترددات معرضة للكثير من الشوائب.

بعض خصائص تخطيط الدماغ عابرة أكثر منها ايقاعية. تمثل الامواج الحادة والمسمارية نشاط تشنجي أو نشاط بين نشبي عند الاشخاص المصابين بالصرع أو معرضين لمرض الصرع. تعد الموجات الرأسية ومحاور النوم بشكل طبيعي النوم الطبيعي هي صفات زائلة طبيعية أخرى. لاحظ أنه يوجد هناك عدة أنواع من

الانشطة غير الشائعة احصائيا، لكنها غير مرتبطة بأية علة أو مرض. تسمى هذه عادة «المتغيرات الطبيعية». كمثال عليها ايقاع ميو. يختلف تخطيط الدماغ الطبيعي مع العمر. تخطيط الدماغ عند حديثي الولادة مختلف قليلا عن تخطيط الدماغ عند البالغين. فتخطيط الدماغ في الطفولة يمتاز بتذبذبات ترددية أبطأ مقارنة مع البالغين.

كما يختلف تخطيط الدماغ الطبيعي حسب الحالة. يستخدم تخطيط امواج الدماغ مع قياسات أخرى مثل (EMG,EOGلتحديد مراحل النوم من خلال تخطيط النوم. المرحلة الأولى للنوم (مساوية للنعاس في بعض الانظمة) تظهر على تخطيط الدماغ على شكل سقوطات في الإيقاع الاساسي الخلفي. في هذه الحالة يمكن أن ترتفع ترددات ثيتا. قام سانتا ماريا وشيابا بفهرسة عدد من الانماط المتنوعة المصاحبة للنعاس. المرحلة الثانية للنوم تتميز بمحاور النوم - اشواط عابرة من النشاط الإيقاعي في النطاق ما بين 12-14 هيرتز (تسمى احيانا بحزمة سيجما) التي تتميز بحد اقصى مركزي-امامي. معظم النشاط في المرجلة الثانية يقع بين 3-6 هيرتز. المرحلة الثالثة والرابعة من النوم تعرف بوجود ترددات دلتا وتسمى معا «نوم الموجات البطيئة». المرحلة الأولى حتى الرابعة تشمل النوم مع عدم حركة العين بشكل سريع. تخطيط الدماغ في حالة تحريك العين بشكل سريع يظهر شبيها إلى حد ما مع تخطيط الدماغ في حالة الاستيقاظ.

يعتمد تخطيط امواج الدماغ عند التخدير على نوع المخدر المستخدم. في المخدرات المهجنة، مثل هالوثان، أو المواد التي تؤخذ عبر الوريد مثل بروبوفول، يرى النمط غير التفاعلي والسريع لألفا (أوبيتا منخفضة) لتخطيط امواج الدماغ على معظم فروة الرأس، خاصة في المنطقة الامامية؛ يعرف في بعض المصطلحات القديمة بنمط) WARواسع النطاق الامامي السريع), وهو عكس نمط) WAISواسع النطاق البطيء) المصاحبة لجرعة عالية من الافيونات. بدأ فهم اثار المخدر على اشارات التخطيط الدماغي خلال مرحلة عمل الدواء على أنواع مختلفة من المشابك العصبية وعلى الدارات التي تسمح بالنشاط العصبي المتزامن.

الشوائب :

الشوائب الحيوية:

كشف تخطيط امواج الدماغ (EEGاشارات كهربائية على طول فروة الرأس، تصدر من مصدر غير-دماغي، تسمى بالشوائب. عادة ما تكون معلومات تخطيط الدماغ ملوثة دائما بالشوائب. تكون سعة إشارة الشوائب أكبر مقارنة بسعة الاشارات المخية لموقع معين. لهذا السبب فإنه من الضروري تفسير نتائج الدماغ بخبرة سريريا.

بعض الانواع المعروفة للشوائب الحيوية تتضمن:

- الشوائب الناتجة عن العين (مثل، طرفات العين، حركات العين ونشاط العضلة الخارجية للعين).
- الشوائب الناتجة من تخطيط القلب (.ECG)

- الشوائب الناتجة عن تخطيط العضلات (تنشيط العضلات) (.(EMG
- الشوائب الناتجة عن حركة اللسان.

أكثر الشوائب البارزة، الناتجة عن حركة العين، تحدث من خلال فرق الجهد بين الشبكية والقرنية في العين، والذي يعد كبيرا نوعا ما مقارنة مع فروق الجهد الدماغية. عندما تثبت حركة العين والجفون تماما، فإن ثنائي القطب القرني- الشبكي لا يؤثر على تخطيط الدماغ (.(EEGومع ان ومضات العين تحدث عدة مرات في الدقيقة الواحدة، فإن حركات الاعين تحدث أكثر من مرة خلال الثانية الواحدة. تتحرك عادة الجفون عند الومض أو خلال الحركات الافقية للعين، فتحدث جهدا عاليا يرى في معظم الأحيان بين قنوات تخطيط العيون الكهربائي ((EOGالموجودة اعلى واسفل العينين. يعتبر تفسير معلن لهذا الجهد أن جفون العين أقطاب منزلقة، التي تنقل دارة القرنية الصغيرة ذات الشحنة الايجابية إلى الجلد المحيط بالعين.[48][49] إن دوران كرات العين، وبالتالي ثنائي القطب القرني- الشبكي، يزيد الجهد في اقطاب العين التي تدور، ويقلل الجهد في الاقطاب المعاكسة.[50] تسمى حركة العين ب ساكاد أي حركة العين، تقوم أيضا بتوليد جهود فعل زائلة الكتروميوجرافية، يعرف بالجهد المسماري لحركة العين.يتداخل طيف هذه الجهود مع حزمة جاما، وتشوش تحليل استجابات حزمة جاما المحفزة كثيرا،[51] مما يتطلب طرق خاصة لتصحيح الشوائب.[52] يولّد ومض العين الانعكاسي اوالمتأني جهود فعل الكتروميوجرافيكية، لكن هناك حركة انعكاسية أكثر اهمية لكرة العين خلال الومض التي تعطي صفات الظهور الشائبي لتخطيط الدماغ (.(EEG)شاهد ظاهرة بيل). سميت شوائب رفرفة العيون سابقا بإيقاع كابا (أو امواج كابا). توجد عادة في اسلاك التوصيل أمام الفص الجبهي، التي تقع فوق العين مباشرة. عادة، تصاحب النشاط العقلي. تقع عادة في مجال ثيتا (4-7 هيرتز) أو مجال ألفا (7-14 هيرتز). سميت بهذا الاسم لأنها كان يعتقد صدورها من الدماغ. الا ان دراسات لاحقة اثبتت صدورها من الرفرفة السريعة للجفون، احيانا لدرجة دقيقة الذي يجعل رؤيتها صعبة. تعتبر في الحقيقة ضجيجا في قراءات التخطيط الدماغي ((EEG، ولا يجوز تسميتها تقنيا بالإيقاع أو الموجة. لذلك، تسمى حاليا بظاهرة شوائب رفرفة الجفون، وليس ايقاع (أو موجة) كابا.[53]

يمكن الاستفادة من هذه الشوائب في العديد من التطبيقات. يمكن استخدام اشارات ((EOG لكشف [51] ومتابعة حركات العين، والتي تعد مهمة جدا في تخطيط العين، كما تستخدم في تخطيط الدماغ التقليدي ((EEGلتقييم التغيرات المحتملة عند اليقظة، النعاس أو النوم. تعد شوائب ((EEGشائعة ومن الممكن قراءتها بشكل خاطئ على شكل نشاط مسماري. لذلك، فإن تخطيط الدماغ الحديث يحتوي على قناة ECG من الأطراف. هذا يسمح لتخطيط امواج الدماغ ((EEGبالتعرف على عدم انتظام دقات القلب والذي يعد تشخيصا تفريقيا لفقدان الوعي أو الاضطرابات العرضية النوبية. تحدث شوائب حركة اللسان نتيجة لفرق الجهد بين قمة وقاعدة اللسان. الحركة الثانوية للسان يمكنها تلويث تخطيط الدماغ، خاصة في امراض باركنسون والرعاش.

الشوائب البيئية:

بالإضافة للشوائب الناتجة عن طريق الجسم، العديد من الشوائب تأتي من خارج الجسم أيضا. حركة المريض، أو حتى وضع الاقطاب، من الممكن ان تتسبب في فرقعات الأقطاب، مسامير ناتجة من التغير اللحظي في مقاومة القطب. التثبيت السيء لأقطاب التخطيط الدماغي من الممكن ان يسبب شوائب ذات مدى بين 50 حتى 60 هيرتز، بالاعتماد على تردد النظام المحلي. مصدر ثالث له تأثير محتمل وجود القطارة الوريدية، تسبب انفجارات ذات جهد منخفض، سريعة، وايقاعي، ومن الممكن قراءتها على انها مسامير بشكل خاطئ.

تصحيح الشوائب:

مؤخرا، تم استخدام تقنيات تحليل المكونات المستقلة ICA لتصحيح أو ازالة الملوثات في تخطيط امواج الدماغ.[51][54][55][56][57][58] تحاول هذه التقنيات منع خلط اشارات التخطيط الدماغي بعدد من المكونات الاساسية. هناك العديد من خوارزميات الفصل المصدرية، تفترض عادة طبيعية وتصرفات متنوعة لتخطيط الدماغ. بغض النظر عن ذلك، إن المبدأ خلف أي طريقة، تسمح بإعادة خلط المكونات التي تنتج قراءة نظيفة فقط في تخطيط الدماغ من خلال تصفير اوزان المواد غير المرغوب فيها. تم تطوير طرق اوتوماتيكية لرفض الشوائب، تستخدم طرق تحليل المكونات المستقلة.[59] في السنوات الاخيرة الماضية، بمقارنة المعلومات بين الاشخاص المصابين بالشلل وغير المصابين، يعد التلوث بالعضلات لتخطيط الدماغ شائع أكثر من ما كان معتقدا، خاصة في نطاق جاما ما فوق 20 هيرتز.[60] على الرغم من ذلك، يظهر سطح لابلاس فعالية في ازالة شوائب العضلات، خصوصا للاقطاب المركزية، والتي تعد من اقوى الملوثات.[61] المزج بين سطح لابلاس والتقنيات الأوتوماتيكية، اثبتت فعاليتها في الدراسات الحديثة في ازالة مكونات العضلات باستخدام تحليل المكونات المستقلة.[62]

نشاط غير طبيعي:

يقسم النشاط الغير طبيعي إلى نشاط صرعي الشكل ونشاط غير صرعي الشكل. ومن الممكن تقسيمها أيضا إلى بؤرية أو منتشرة. تمثل المخرجات صرعية الشكل البؤرية جهودا سريعة ومتزامنة في عدد كبير من الخلايا العصبية في مناطق معينة في الدماغ. وتحدث على شكل نشاط بين نشبي، بين التشنجات، وتمثل منطقة من التهيج القشري، الذي تعرض مسبقا لتشنجات صرعية. لا يمكن الاعتماد على المخرجات البين نشبية لتحديد إذا كان الشخص يعاني من الصرع، أو تحديد مصدر التشنجات. (اقرأ الصرع البؤري) تمتلك المخرجات العامة صرعية الشكل حد اقصى أمامي، لكن يمكن رؤيتها بشكل متماثل في جميع اجزاء الدماغ. وتمثل تشخيص قوي للصرع العام. يحدث النشاط البؤري غير صرعي الشكل غير الطبيعي في مناطق الدماغ التي تعاني من دمار مركزي لقشرة الدماغ أو المادة البيضاء. وتتكون من زيادة في الايقاعات الترددية البطيئة، أو فقدان في الايقاعات الترددية العالية الطبيعية. كما يظهر على شكل انخفاض بؤري أو غير جانبي في سعة إشارة تخطيط الدماغ (.(EEGيظهر النشاط غير صرعي الشكل المنتشر غير الطبيعي كإيقاعات بطيئة منتشرة

بشكل غير طبيعي، أو انخفاض جانبي للإيقاعات الطبيعية، مثل (.PBR)تستخدم اقطاب تخطيط الدماغ داخل قشرة الدماغ جنبا لجنب مع الاقطاب تحت السحائية لتميز وتفصل الشوائب من صرعي الشكل وغيرها من الاحداث العصبية الشديدة. حصلت قياسات أكثر حداثة للإشارات غير الطبيعية في تخطيط الدماغ على الانتباه مؤخرا كمؤشرات حيوية طبيعية محتملة لاضطرابات مختلفة مثل مرض الزهايمر.[63]

الاتصال عن بعد:

رصد مكتب ابحاث الجيش الأمريكي في عام 2009 مبلغ 4 ملايين دولار للباحثين في جامعة كاليفورنيا في ايرفين، لتطوير تقنيات معالجة تخطيط امواج الدماغ، للتعرف على روابط الكلام التخيلي واتجاه معتمد لتمكين الجنود من التواصل في ساحة المعركة من خلال إعادة تشكيل محوسبة لمجموعة من اشارات التخطيط الدماغي لأعضاء الفرقة، على شكل اشارات مفهومة مثل الكلمات.[64]

علم الاقتصاد:

يوجد اجهزة EEG غير باهظة للاستخدامات البحثية منخفضة التكاليف ولأسواق المستهلكين. مؤخرا، صغرت بعض الشركات الدرجات الطبية لتكنولوجيا تخطيط الدماغ لخلق نسخ متاحة لجمهور اوسع. قامت بعض هذه الشركات بوضع اعلانات لأجهزة EEG تجارية بتكلفة اقل من 100 دولار للجهاز.

- في عام 2004، اطلقت OpenEEG اجهزة تخطيط دماغ معيارية كمصدر مفتوح. وبرمجية مصدر مفتوح تتضمن لعبة لموازنة كرة.
- في عام 2007، اطلقت Neurosky أول جهاز EEG متوافر للمستهلك مع لعبة .NeuroBoyيعتبر هذا الجهاز أول جهاز كبير الحجم يستخدم تكنولوجيا الاستشعار الجاف.[65]
- في عام 2008، طورت تكنولوجيا OCZ جهاز يستخدم في ألعاب الفيديو يعتمد بشكل اساسي على تخطيط العضلة الإلكتروني.
- في عام 2008، أعلن المطور Square Enix في Final Fantasy، ان هناك شراكة مع Neurosky لإطلاق لعبة، جوديكا.[66][67]
- في عام 2009, تشاركت Mattel مع Neurosky لإطلاق Mind Flex، وهي لعبة تستخدم EEG لتوجيه كرة خلال مسار من العقبات. تعد من أفضل مبيعات المستهلكين حتى الآن.[66][68]
- في عام 2009, شاركت مصانع العم Malton مع Neurosky لإطلاق Star Wars Force Train، وهي لعبة صممت لخلق وهم تملك القوة.[66][69]
- في عام 2009، اطلقت Emotiv جهاز Epoc، وهو جهاز EEG يتكون من 14 قناة. يعتبر Epoc أول BCI تجاري لا يستخدم تكنولوجيا الاستشعار الجاف، يتطلب من المستخدمين إضافة محلول ملحي إلى وسادات الأقطاب (التي يجب ترطيبها بعد ساعة أو ساعتين من الاستخدام).[70]
- في عام 2010, اضافت Neurosky الكتروميوجراف وومضة إلى MindSet [71]

- في عام 2011, أطلق Neurosky, Mindwaveوهو جهاز EEG لأغراض تعليمية وللألعاب.[72] فاز MindWave بكتاب جينيس للأرقام القياسية بجائزة «أثقل جهاز تحرك باستخدام واجهة تحكم بواسطة الدماغ».[73]
- في عام 2011, أطلق Rhythmlink اقطاب EEG مشبكة يمكن التخلص منها، مسطحة، قطب EEG لاستخدام واحد. تزود الاقطاب الشبكية مساحة سطح أكبر لتزويد منطقة اتصال أكبر مع المواد الموصلة وتوفر تجربة مريحة للمريض.
- في عام 2012, مشروع ياباني للادوات الصغيرة، Neurowearأطلق :Necomimiوهو عبارة عن سماعات للرأس بآذان قطة متصلة بمحركات. السماعة عبارة عن اتحاد بين Neurosky و Mindwave مع محركين على عصابة الرأس التي يجب أن تتصل فيها آذان القطة. تغطى المحركات اغطية على شكل آذان القطة، فيسجل الجهاز الحالات العاطفية التي تؤثر على حركة الآذان. فمثلا، تنخفض الآذان على الجانبين في حالة الراحة، وترتفع مجددا في حالة الاثارة.
- في عام 2014, أطلق Open BCI مصدر مفتوح يربط الدماغ بواجهة حاسوب بعد حملة ناجحة عام 2013. يمتلك ال BCI الاساسي 8 قنوات، قابلة للتوسع إلى 16 قناة، وتدعم .EEG, EKG, EMG ويعتمد على ادوات تكساس ADS1299 IC و Arduino أو متحكم PIC، بتكلفة 399 دولار للنسخة الاساسية. يستخدم اقطاب كوبية معدنية معيارية ولواصق موصلة.
- في عام 2014, أطلق HyperNeuro سماعات EEG قابلة للارتداء. تتكون السماعة الاساسية من قناة واحدة فقط، بسبب وجود قطب نشط عالي الاداء، يستطيع قياس الحالة العقلية بشكل صحيح.[74]

البحث المستقبلي:

يستخدم تخطيط امواج الدماغ لعدة اهداف بالإضافة إلى استخداماته التقليدية في التشخيص السريري وعلم الاعصاب الدماغية التقليدية. كانت من استخداماته الأولى خلال الحرب العالمية الثانية بواسطة سلاح الجو الأمريكي لمتابعة الطيارين المعرضين لخطر التشنج،[80] ما زال تسجيلات تخطيط امواج الدماغ طويلة المدى يستخدم حتى يومنا هذا في مرضى الصرع لتوقع التشنجات.[81] لا يزال التغذية الراجعة العصبية فرعا مهما، وفي معظم اشكاله المطورة استخدم كأساس لواجهات ربط الدماغ مع الحاسوب. كما يستخدم تخطيط امواج الدماغ أيضا في مجال علم التسويق العصبي. يتغير تخطيط امواج الدماغ مع اختلاف الادوية المؤثرة على وظائف الدماغ، فالمواد الكيميائية المكونة لها تعتبر اساس في علم النفس الدوائي. سجلت تجارب بيرجر الأولى تأثير الادوية على تخطيط امواج الدماغ. طور علم تخطيط امواج الدماغ الدوائي طرقا للتعرف على المواد التي تؤثر على وظائف الدماغ، للاستفادة منها في استخدامات علاجية وابتكارية. تحاول هوندا تطوير نظام يمكّن العامل على التحكم برجله الالي ((Asimoمن خلال ((EEG، تأمل هذه التقنية في الاندماج مع سياراتها.[82] يستخدم تخطيط امواج الدماغ كدليل في المحاكمات الجنائية في مدينة ماهاراسترا الهندية.[83][84]

الفيزياء الصحية

الفيزياء الصحية : هي أحد تخصصات الفيزياء التطبيقية في المجالات الصحية، وخصوصا في تشخيص وعلاج الامراض.

تاريخ الفيزياء الصحية

ربما يكون ليوناردو دا فينشي (بالإنجليزية: Leonardo da Vinci)، منذ خمس قرون مضت، أول فيزيائي طبي. فمن غير شك نحن الآن مهتمين بميكانيكية حركة جسم الإنسان. والتطور التدريجي في الأدوات الفيزيائية أضاف الكثير إلى العلوم الصحية والأحيائية. مثال ذلك المجهر والذي طوره المخترع الهولندي انطون فان ليوين هوك (بالإنجليزية: Anton van Leeuwenhoek) خلال القرن السابع عشر. أما التطوير الحاصل في الكهرومغناطيسية في القرن التاسع عشر فقد ساعد الفيزيائيين على أن يسهموا في العلاج الطبي والتشخيص.

يعتبر دو أرسونال (بالإنجليزية: D'Arsonval)، الفيزيائي الفرنسي، الرائد في استعمال التيار الكهربائي عالي التردد في العلاج. كما وجه الطريق نحو تطوير أجهزة القياس الكهربائية. ومنذ ذلك الحين فإن أجهزة قياس الفولت الحساسة أدت إلى تطوير أجهزة نخطيط كهربائية القلب والدماغ.

اكتشاف العالم الفيزيائي رونتجن (بالإنجليزية: Roentgen) للأشعة السينية (بالإنجليزية: x-rays) في عام 1895م، واكتشاف بيكريل (بالإنجليزية: Becquerel) للنشاط الإشعاعي (بالإنجليزية: radioactivity) الناتج عن بعض المواد في الطبيعة في عام 1896م أدى فورا إلى تطبيق استعمال الأشعة المؤينة لتشخيص وعلاج الأمراض. وكان ذلك هو السبب الرئيسي لدخول الفيزيائيين دنيا المستشفيات. في عام 1913م قام دوان (بالإنجليزية: Duane) بالعمل على مصادر الرادون لعلاج السرطان في مستشفى بوسطن ولحقه فايلا (بالإنجليزية: Failla) في عام 1915م. حاليا يتعدى عدد الفيزيائين الصحيين العاملين في مستشفيات أمريكا الـ4000 فيزيائي طبي.

أدى اختراع المصادر الإشعاعية لإيصال العلاج الإشعاعي داخل الأنسجة (بالإنجليزية: interstitial) وداخل التجاويف (بالإنجليزية: intra-cavitary)، وأجهزة العلاج الإشعاعي الخارجي مثل جهاز فان دي قراف (بالإنجليزية: Van de Graaff generators)، البيتاترون (بالإنجليزية: betatrons)، وحدات كوبالت (بالإنجليزية: cobalt units)، المعالجات الخطية (بالإنجليزية: linear accelerators)، المايكروترون (بالإنجليزية: microtrons)، السايكلترون (بالإنجليزية: cyclotrons)، بالإضافة إلى تطبيقات النويدات المشعة الاصطناعية في التشخيص الطبي، وتطوير أجهزة الكشف مثل جهاز الجاما كاميرا

(بالإنجليزية: Gamma Cameras)، والتصوير الطبقي بالبروتون المنبعث (بالإنجليزية: Positron Emission Tomography) اختصارًا PET، والماسحات، وأيضا تطبيقات الأشعة المؤينة في التشخيص الطبي واختراع أجهزة التصوير مثل المشدد الصوري (بالإنجليزية: Image Intensifiers)، التصوير الطبقي (بالإنجليزية: CT - Computerized Tomography)، والأشعة الرقمية (بالإنجليزية: Digital Radiology)، وحديثا استعمال ظاهرة الرنين النووي المغناطيسي (بالإنجليزية: Nuclear Magnetic Resonance - NMR) في التصوير والتحليل الطيفي - أدى ذلك كله إلى إنشاء دور بارز للفيزيائين الصحيين في فن العلاج. ولذلك يعتبر نمو إسهام الفيزياء الصحية نتيجة طبيعية لتطور العلوم الحديثة والتقنية.

فروع الفيزياء الصحية

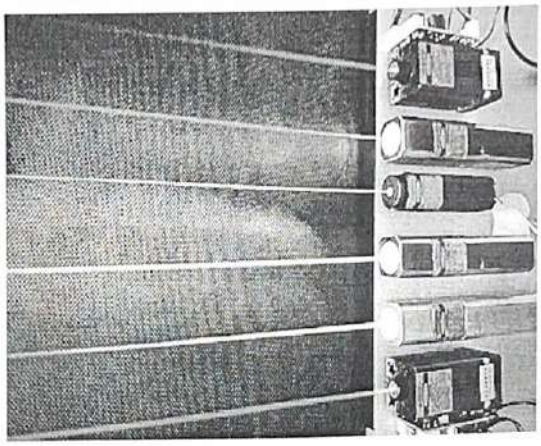
تنقسم الفيزياء الصحية تبعا لتقسيم الجمعية الأمريكية للفيزياء الصحية إلى:

- فيزياء أجهزة الليزر Laser Physics
- فيزياء الموجات فوق الصوتية Ultrasound Physics
- فيزياء الموجات الحرارية والعلاج الحراري Infrared and thermal therapy
- فيزياء الكهرباء الحيوية (مثل تخطيط كهربائية القلب والدماغ) Bioelectrical Physics
-

نطاق عمل الفيزيائيين الصحيين :

عادة يتضمن عمل الفيزيائيين الصحيين أربع نشاطات: الخدمة الإكلينيكية والاستشارات، البحث والتطوير، التدريس، والإدارة. ويعتمد انخراط الفيزيائي الطبي في كل أو بعض هذه النشاطات على مكان العمل وعلى خلفيته الدراسية واهتماماته الشخصية. فمثلا يكون أغلب نشاط الفيزيائي الطبي العامل بمستشفى غير تعليمي أو في عيادة في الخدمة الإكلينيكية، أما الفيزيائي الطبي العامل بمؤسسة أكاديمية فيكون أغلب نشاطاته موجهة نحو النشاطات الأكاديمية مثل التدريس والبحث العلمي.

الدراسة الأكاديمية وحدها لا تكفي لتكوين الفيزيائي الطبي، فهو يحتاج لخبرة عملية في التعامل مع المشاكل الصحية والأجهزة المختلفة في مجاله. ويمكن الحصول على تلك الخبرة بالتدريب مواصلة مع الوظيفة أو يفضل عن طريق برنامج تدريب عملي Fachkunde zeit POzdrowienia z Polski in Germany منظم (برنامج زمالة) أو برنامج بعد الدكتوراة مكون من سنة أو سنتين في المستشفى بعد الحصول على درجة الماجستير أو الدكتوراة في الفيزياء الصحية.

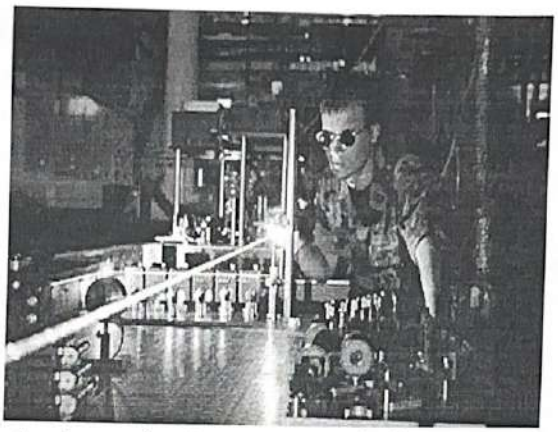


ليزر اشباه الموصلات هو أحد المصادر الشائعة لليزر ذو القدرات المتوسطة ويستخدم في مجالات متعددة ويتواجد بأطياف مختلفة.

ما هو الليزر:

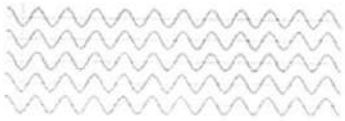
الليزر أو تكثيف الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع (بالإنجليزية: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation اختصاراً LASER) هو جهاز ينبعث منه الضوء من خلال عملية تضخيم ضوئي تعتمد على الانبعاث المستحث للإشعاع الكهرومغناطيسي. تكون فوتوناته متساوية في التردد ومتطابقة الطور الموجي حيث تتداخل الموجات وقد تعضد بعضها البعض مما يُحدث تقوية للشعاع الضوئي. عملية تداخل الموجات أيمكن أن يكون تداخلا بناءً بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية وشديدة التماسك زمانيا ومكانيا ذات زاوية انفراجها صغيرة جدا ؛ أو تتداخل الموجات تداخلا غير بناء فيختفي الضوء. تم بناء أول ليزر في عام 1960 من قبل ثيودورهارولد مايمان في مختبرات أبحاث هيوز، بناءً على العمل النظري الذي قام به تشارلز هارد تاونز وآرثر ليونارد شاولو.

بسبب طاقتها العالية وزاوية انفراجها الصغيرة جدا تستخدم اشعة الليزر في عدة مجالات أهمها القياس كقياس المسافات الصغيرة جدا أو الكبيرة جدا بدقة متناهية ويستخدم أيضا في إنتاج الحرارة لعمليات القطع الصناعي وفي العمليات الجراحية خاصة في العين ويستخدم أيضا في الأجهزة الإلكترونية لتشغيل الأقراص الضوئية.

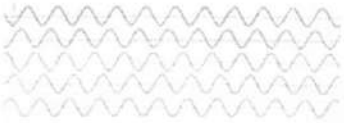


تجربة بالجيش الأمريكي على استخدام الليزر لتوجيه الصواريخ

. كما أن بعض الجهود المبذولة حاليا لتحقيق الاندماج النووي للهيدروجين تستخدم أجهزة ليزر ضخمة للتوصل إلى اندماج الهيدروجين وتحوله إلى هيليوم ، وهو التفاعل الذي يتم في الشمس والنجوم وتنتج حرارتها، (انظر اندماج بحصر القصور الذاتي.)



موجات في نفس الطور، كل القمم الموجية فوق بعضها البعض وكل القيعان فوق بعضها البعض ، أي

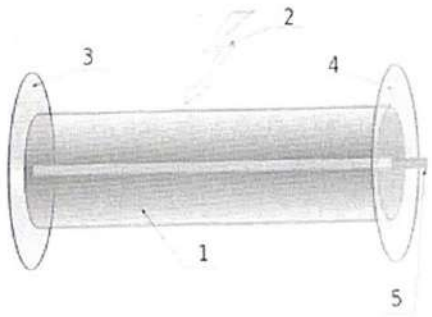


أن الموجات في نفس الطور (كما في الليزر). موجات مختلفة الأطوار، (كالضوء المنبعث من مصباح عادي).

يستخدم الليزر أشعة ضوئية احادية الطول الموجي أي لها نفس طول الموجة وهى تتولد في أنواع معينة من البلورات النقية. ويعمل جهاز الليزر على تسوية طور الموجات الضوئية بحيث تكون جميعها في نفس الطور، فتشتد طاقتها. يبين الشكل المجاور الموجات الضوئية التي هي في نفس الطور، فيحدث ما يسمى في الفيزياء تداخل بناء للموجات الضوئية.

ويمكن تشبيه نبضة شعاع الليزر بالكتيبة العسكرية حيث يتقدم جميع العسكر بخطوات متوافقة منتظمة. وبينما يشع المصباح عادي الضوء في موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها طاقة الليزر، فتكون كالناس في الشارع كل منهم له اتجاه غير الآخر. ولكن باستخدام لبلورات من مواد مناسبة (مثل الياقوت الأحمر) عالية النقاوة يمكن تحفيز إنتاجها لأشعة ضوئية من لون واحد (أي ذو طول موجة واحدة) وكذلك تكون في طور موجي واحد. عندئذ تتطابق الموجات على بعضها البعض - عن طريق انعكاسها عدة مرات بين مرآتين داخل بلورة الليزر فتصبح كالعسكر في الكتيبة - فتنتظم الموجات وتتداخل تداخلا بناء وتخرج من الجهاز بالطاقة الكبيرة المرغوب فيها.

طريقة عمل الليزر



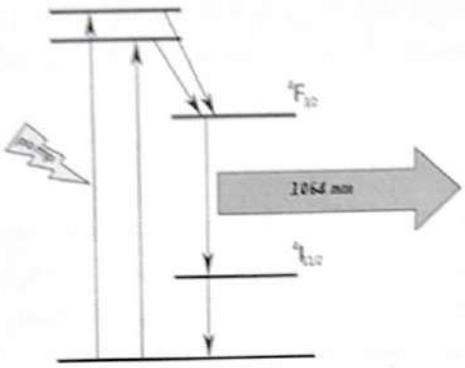
الشكل أعلاه يوضح الية عمل الليزر

1. مادة توليد الليزر
2. مضخة طاقة لإثارة إلكترونات الوسط الليزري
3. مرآة عاكسة قوية
4. مخرج الأنبوب (مرآة نصف شفافة)
5. خروج شعاع الليزر

هذا الشكل أعلاه يوضح أجزاء جهاز الليزر:

- (1) الوسط أو البلورة المنتجة لأشعة الليزر.
- (2) طاقة كهربائية لتحفيز الوسط الليزري على إصدار موجات ضوئية ذات طول موجة واحدة (ضوء بلون واحد)،
- (3) عاكس للضوء (مرآة) ،
- (4) عدسة خروج الشعاع وقد تكون مستوية أو عدسة مقعرة.
- (5) شعاع الليزر الخارج (خرج ليزري)

ويعمل جهاز الليزر على توليد و انعكاس ضوء ذو لون واحد، أي ذو طول موجة واحدة بين المرآة الخلفية (3) وعدسة خروج شعاع الليزر (4). ويتم ذلك بتحفيز الوسط الليزري (1) على إنتاج ذلك اللون من الضوء؛ وهي خاصية من خصائص البلورة المختارة أو الوسط الليزري (يمكن أن يكون الوسط غاز معين ، مثل ثاني أكسيد الكربون). وبعد انعكاس أشعة الضوء داخل الوسط عدة مرات بين (3) و (4) تصل الموجات الضوئية المتجمعة إلى وضع التناسق . عندئذ تتميز الموجات الضوئية بانتظام طورها(خطوتها) وتخرج من العدسة (4) كشعاع ليزر شديد الطاقة.



الشكل: مثال للوسط الليزري بلورة النيوديميوم كوسط كسب ليزر .

عنما تثار الإلكترونات في النيوديميوم بواسطة المضخة الكهربائية (أصفر) وتعلو إلى مستوى طاقة عالى ومنه تهبط فورا لمستوى الطاقة الوسطي F وتبقى فيه مدة (تلك خاصية لمادة الليزر) . ثم تهبط فجأة إلى مستوى الطاقة I ، فينبعث منها ضوء 1064 نانومتر . عند انتقال الإلكترونات من F إلى I كمجموعة في ذرات النيودميوم تخرج جميعها بضوء طول موجته 1064، وتخرج من البلورة متناسقة كشعاع ليزر قوي.

طريقة عمل الليزر:

الشكل: يوضح مستويات الطاقة للإلكترونات في ذرة النيوديميوم . في حالة عدم اثارة ذرة النيوديميوم تشغل الإلكترونات المستوى القاعي (مستوى الطاقة السفلي في الشكل). ولكن يمكن إثارة الإلكترون بواسطة جهاز يصدر أشعة من الخارج أو كهرباء (تسمى مضخة) فيثار الإلكترون ويرتفع إلى مستوى طاقة أعلى ؛ إلا أنه لا يبقى فيه طويلا وخلال ما هو أقل من ثانية يهبط إلى مستوى طاقة متوسط F ، وفي هذا المستوى من الطاقة يستطيع الإلكترون البقاء فيه عدة ثوان.

تعمل المضخة الضوئية على إثارة عدد كبير من الإلكترونات في الوسط الليزري وتبقى عدة ثوان في المستوى F ؛ إلا انها سرعان أن تهبط كمجموعة من مستوى الطاقة F إلى مستوى الطاقة المنخفض I .انتقال الإلكترونات في البلورة من مستوي الطاقة المرتفع F إلى مستوى الطاقة المنخفض I يكون مصحوبا بإطلاقه شعاع ضوء ذو طول موجة طولها 1064 نانومتر (هذه خاصية بلورة الليزر). تنطلق تلك الأشعة ذات طول الموجة 1064 نانومتر دفعة واحدة وتنعكس عدة مرات بين المرآتين فتتناسق أطوال تلك الموجات وتخرج من المرآة النصف شفافة (4 في الشكل س) وتكون بذلك قد تناسقت ووصلت إلى قوتها وتصيب الهدف.

فمن مواصفات الشعاع الخارج (شعاع الليزر) الهامة أن لون ضوؤه واحد ، أصفر أو أزرق أو بنفسجي ، أو قد يكون أشعة تحت الحمراء ، كما توجد ليزرات تصدر أشعة إكس. وبالنسبة إلى جهاز الليزر فله خاصيتان مهمتان :

- **نصف قطر الانحناء:**

قد يكون سطح العدسة الداخلي مستويا أو مقعرا وذلك بحسب الغرض المرغوب فيه. ويطلى السطح الداخلي للعدسة بطلاء فضي نصف عاكس حتى يستطيع شعاع الليزر الخروج من الوسط إلى الخارج. وإذا كانت هناك رغبة في تجميع الشعاع الخارج وتركيزه في بؤرة يكون السطح الخارجي للعدسة مقعرا. كما يطلى السطح الخارجي بطلاء يمنع الانكسار، لكي يتيح خروج شعاع الليزر الناتج من دون فاقد.

- **معامل انعكاس العدسة:**

يعتمد عدد الانعكاسات لأشعة الضوء المتراكمة داخل الوسط الليزري على نوع الوسط المستخدم. ففي "ليزر الهيليوم-نيون " نحتاج إلى درجة انعكاس للمرآة بنسبة 99% لكي يعمل الجهاز بكفاءة. وأما في حالة "ليزر النيتروجين" فلا حاجة للانعكاس الداخلي (درجة انعكاس 0%) حيث أن ليزر النيتروجين يتميز بدرجة فائقة عل إنتاج الأشعة. ومن جهة أخرى تعتمد خواص العدسة المتعلقة بانعكاس الضوء على طول موجة الضوء. ولهذا يُعطي للخواص الضوئية للعدسة عناية خاصة عند تصميم جهاز ليزر.

أنواع الليزر

قائمة أنواع الليزر

- ليزر الغاز ثاني أكسيد الكربون،(Excimer LASER)
- ليزر السائل (Dye Laser)
- ليزر اشباه الموصلات ليزر شبه الموصلات (Diode Laser)
- ليزر الحالة الصلبة نيوديميوم ياغ (Neodymium-YAG LASER)

استخدامات الليزر:

يستخدم الليزر حاليا في مجالات متعددة كاستعمالها في الأقراص المدمجة وفي صناعة الإلكترونيات وقياس المسافات بدقة -خاصة أبعاد الأجسام الفضائية- وفي الاتصالات. كما تستخدم أشعة الليزر في معالجة بعض أمراض العيون حيث يتم تسليط أشعة ليزر عالية الطاقة على شكل ومضات في نقطة معينة في العين لزمن قصير -أقل من ثانية-. ومن أمراض العيون التي يستخدم فيها الليزر:

- اعتلال الشبكية السكري.
- ثقوب الشبكية.
- انسداد أو تخثر الوريد الشبكي.
- الزرق (ارتفاع ضغط العين).
- عيوب الانكسار الضوئي في العين (طول أو قصر النظر واللابؤرية).
- انسداد القنوات الدمعية.
- بعض الأورام داخل العين.
- عمليات التجميل حول العين.
- حالات اندثار البقعة الصفراء.

كما يستخدم الليزر في العمليات الجراحية مثل جراحة المخ والقلب والأوعية الدموية والجراحة العامة إزالة الشعر. في عام 1960 اخترع جهاز الليزر الذي يطلق الأشعة وحيدة اللون والاتجاه ويمكن أن تتركز بدرجة عالية بوساطة عدسة محدبة. كما أن هناك الكثير من المواد القادرة على إطلاق أشعة الليزر منها المتجمدة (الياقوت الأحمر وزجاج النيوديميوم) , والغازية (الهيليوم والنيون والزينون) مواد شبه موصلة (زرنيخ، الجاليوم وانتيمون الإنديوم)

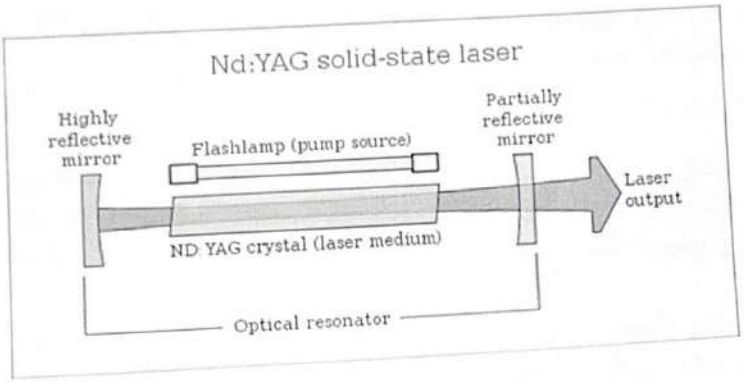
استخدامات الليزر في الصناعة :

عندما يجري تحفيز جهاز الليزر بوساطة الكهرباء أو الضوء ترتفع طاقة ذرات الوسط (ولتكن بلورة) من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى، وتعاود الانخفاض إلى مستوى الطاقة الأدنى مرورا بالمستوى الأوسط نتيجة عدم استقرار الإلكترونات الواقعة في مستوى طاقة عال ، عندها تنبعث الفوتونات من الإلكترونات المثارة في جهاز الليزر وتخرج الفوتونات (الإشعة) بعد تناسقها من الجهاز بطاقة كبيرة .

- ويأمل العلماء باستعمال تلك الطريقة في التوصل إلى الاندماج النووي للعناصر الخفيفة مثل الهيدروجين الثقيل والتريتيوم والليثيوم بغرض إنتاج طاقة الإندماج الحرارية البالغة وتحويلها

إلى طاقة الكهربائية تستخدم في المصانع والبيوت والإنارة . في تجربة حديثة أعلنت عنها وزارة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية بتاريخ 13 يونيو 2022 عن نجاح منشأة الإشعال الوطنية في احراز تقدم كبير بطريقة الحصر والإشعال بالليزر)أن آلة الاندماج اندماج بحصر القصور الذاتيالمختبرة في معمل برينستون لفيزياء الليزر (والتجربة تعمل بتسليط 192 جهاز ليزر قوي يصدروا أشعة إكس مركزة على حبيبة وقود نووي) قد أنتجت 20% من الطاقة زيادة عن طاقة تشغيل الجهاز.

- وتستخدم أنواع من أجهزة الليزر كالموصوفة أعلاه ولكن تعمل بطاقات أقل، تصل حرارتها إلى بين 1000 و 1800 درجة مئوية في الصناعة في قطع ألواح الصلب، قد يصل سمك اللوح منها 3 سنتيمتر. وميزتها أنها تقطع بدقة متناهية حيث يُوجه جهاز الليزر بوساطة الحاسوب.
- ومن استخدامات الليزر لحام المواد الصلبة والنشطة والمواد التي تتمتع بدرجة انصهار عالية مع امتيازها بدقة التصنيع بسبب إطلاقها لحزمة كثيفة ضيقة مركزة، كما تستطيع أشعة الليزر فتح ثقب قطره 5 ميكرومتر خلال 200 ميكروثانية في بعض المواد الصلبة (الماس والياقوت الأحمر والتيتانيوم) وبفضل قصر زمن التثقيب لا يحدث أي تغير في طبيعة المادة (لا يحدث انصهار أو تحولات في بنية المادة).
- كما لها استخدام مهم آخر وهو قياس المسافات بدقة متناهية، سواء المسافات القصيرة أو الطويلة. وأشعة الليزر تستطيع قياس عشرة امتار دون إحداث خطأ يتجاوز واحد على عشرة آلاف من المتر. كما استخدمت أشعة الليزر في تحديد بعد القمر عن الأرض. وقد تم ذلك في السبعينيات حيث وضع رواد الفضاء على القمر مرآة لعكس الليزر عند سقوطه عليها، وبعد ذلك وُجه شعاع ليزر من الأرض إلى القمر وبانعكاسه على المرآة على سطح القمر وعودته إلى الأرض استطاع العلماء حساب بعد القمر عن الأرض بدقة لم يتوصلوا إليها من قبل.
- وهي تستخدم أيضا في تحديد الأهداف بدقة بالغة جدا، حيث أن كان الهدف على مسافة 20 كم ووجهنا شعاع ليزر فسوف ينحصر مقطع الشعاع في دائرة ضوئية قطرها 7 سم فقط. وإذا أطلقت إلى القمر فسيكون قطر الدائرة المشكلة 3,2 كم فقط.
- وتجري في أمريكا أبحاثا هائلة لاستخدام الليزر ذو طاقة عالية جدا لتدمير الصواريخ المعادية عالياً في الفضاء قبل وصولها إلى أمريكا، واستطاعوا تحقيق بعض النجاح على هذا الطريق ولكن الأبحاث لا زالت مستمرة، أولا لإتقان هذه التكنولوجيا الجديدة، ثم بناء شبكة عظمي لاكتشاف الصواريخ المعادية حين انطلاقها، ويتبع ذلك توجيه أجهزة الليزر القوي (أو سلاح الليزر) على الصاروخ المعادي لتدميره في الفضاء، وتتضمن هذه التكنولوجيا أيضا استخدام الإقمار الصناعية وقيامها بدور في هذا النطاق. وقد رصدت الولايات المتحدة أموالا باهظة لإحداث تقدم في هذا المشروع.



تركيب الليزر:

رسم تخطيطي لليزر تقليدي يظهر أجزاءه الأساسية الثلاثة

يتكون جهاز الليزر من ثلاثة أجزاء رئيسية:

- مصدر للطاقة (عادة ما يشار إليه باسم *مضخة* أو مصدر الضخ)،
- *وسط ليزري*،
- اثنين أو أكثر من المرايا التي تشكل *المجاوبة*.

مصدر الضخ[عدل]

مصدر الضخ هو الجزء الذي يوفر الطاقة لنظام الليزر. أمثلة على طرق الضخ ك (الضخ الضوئي، أنفراغ كهربائي، تفاعل كيميائي، تطبيق فرق كمون مستمر، أثارة بواسطة البلازما، ضخ بواسطة الحزم الألكترونية) ليزر الهليوم نيون (HeNe) يستخدم طريقة الأنفراغ الكهربائي في خليط من غازي الهيليوم والنيون، بينما ليزر (Nd:YAG) يستخدم طريقة الضخ الضوئي بواسطة فلاش زينون أو ليزر نصف ناقل، والليزر المستثار يستخدم طريقة التفاعل الكيميائي.

الوسط الليزري :

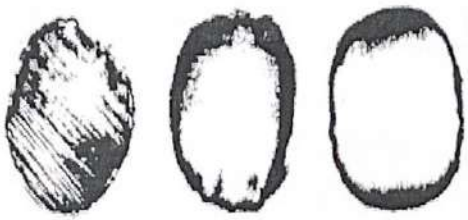
الوسط الليزري أو الوسط الفعال هو العامل الرئيسي لتحديد الطول الموجي للعملية، ولخصائص الليزر الأخرى. الأوساط الليزرية للمواد المختلفة لها طيف خطي أو طيف واسع. الأوساط الليزرية ذات الطيف الواسع تسمح بضبط ترددات الليزر. هناك المئات إن لم يكن الآلاف من الأوساط الليزرية التى تم توليد شعاع الليزر بها. (انظر قائمة أنواع الليزر للحصول على قائمة الأكثر أهمية). الوسط الليزري يتم إثارته

عن طريق مصدر الضخ لتحقيق الأسكان المعكوس، وفي الوسط الليزري ينتج الأصدار التلقائي أو المحثوث للفوتونات، ثم يتم تضخيمها في المجاوبة.

أمثلة للأوساط الليزرية تشمل:

- السوائل مثل صبغة الليزر. وعادة ما تكون مذيبات عضوية كيميائية، مثل الميثانول، إيثانول أو الايثيلين جلايكول، والتي تضاف إليها الأصباغ الكيميائية مثل الكومارين، رودامين، فلوريسين. التكوين الكيميائي الدقيق لجزيئات الصبغة يحدد الطول الموجي لعملية الليزر السائل.
- الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون، الأرجون، الكريبتون والخلطات مثل الهيليوم–النيون. هذا الليزر غالبا ما يتم ضخه عن طريق التفريغ الكهربائي.
- المواد الصلبة مثل البلورات والزجاج. المادة الصلبة *المضيفة* عادة ما تكون مخلوطة مع بعض الشوائب مثل الكروم، النيوديميوم، الإربيوم أو التيتانيوم. المضيفات النموذجية تشمل: (الإيتريوم الألومنيوم العقيق)، (الإيتريوم الليثيوم الفلورايد)، الياقوت (أكسيد الألومنيوم) ومختلف أنواع الزجاج. أمثلة أوساط ليزر الحالة الصلبة تشمل: ياقوت تيتانيوم، الياقوت الكروميوم (عادة معروفة باسم روبي)، كروميوم ليثيوم (الكروم مع الليثيوم السترونتيوم الألومنيوم فلوريد).
- أشباه الموصلات نوع من البللورات الصلبة مع توزيع أحادي أو مادة بمستويات أحادية مختلفة والتي بها تسبب حركة الإلكترونات عمل الليزر. ليزر أشباه الموصلات عادة ما يكون صغيرا، ويمكن ضخه بواسطة تيار كهربائي بسيط، مما يمكن استخدامهم في أجهزة استهلاكية مثل مشغلات القرص المضغوط. انظر ليزر نصف ناقل.

المجاوبة :



مقارنة حرق صورة جغرافية لشعاع غاوس لثاني أكسيد الكربون بشكل مستعرض ضغط الليزر المستحث، التي تم الحصول عليهاا خلال عملية التحسين عن طريق ضبط المرايا المحاذية.

المجاوب أو *المرنان البصري*، في أبسط أشكالها هي مرآتين متوازيتين توضعان حول الوسط الليزري لتؤدي إلى أنعكاس الضوء وتضخيمه. يتم تغشية المرآة مما يحدد الخصائص الانعكاسية.حيث تتألف المجاوبة من مرآتان الأولى عاكسة بشكل كلي والثانية عاكسة بشكل جزئي. والمرآة الثانية هي التي تولد الحزمة الليزرية لأنها تسمح لبعض الضوء بترك المجاوبة لإنتاج الشعاع اليزري.

الضوء الصادر عن الانبعاثات التلقائية، يتم عكسه بواسطة المرايا ثانياً داخل الوسط الفعال، حيث يتم تضخيمه بواسطة الانبعاث المستحث. الضوء قد ينعكس عن المرايا ويمر خلال الوسط الليزري عدة مئات من المرات قبل أن يخرج من التجويف. في أجهزة ليزر أكثر تعقيدا، يتم استخدام تكوينات من أربعة مرايا أو أكثر لتكوين التجويف. تصميم وتنسيق المرايا نسبة إلى الوسط الليزري يعتبر حاسما لتحديد الطول الموجي الدقيق وغيره من سمات نظام الليزر.

الأجهزة البصرية الأخرى مثل المرايا الدوارة، المحولات، المرشحات والماصات يمكن وضعها داخل المرنان البصرية لإنتاج مجموعة متنوعة من التأثيرات على مخرج الليزر مثل تغيير الطول الموجي للعملية أو أنتاج نبضات من ضوء الليزر.

بعض أجهزة الليزر لا تستخدم تجويف بصري، ولكن بدلا من ذلك تعتمد على وسط بصري عال جدا لإنتاج تضخيم الانبعاثات المستحثة دون الحاجة إلى الارتداد من الضوء مرة أخرى إلى الوسط الليزري. أشعة الليزر هذه توصف بكونها شديدة الإضاءة، وتبعث ضوء قليل الاتساق ولكن ذا عرض نطاق مرتفع. لأنها لا تستخدم الارتداد البصري لا تصنف هذه الأجهزة في كثير من الأحيان بانها أجهزة ليزر.

أنواع ومبادئ تشغيل الليزر :

موجات من الليزر متوفرة تجاريا. أنواع الليزر المبينة أعلاه تعطى خطوط الليزر المتميزة وطول الموجة. ونذكر أدناه أنواع الليزر التي تصدر ضوءا في نطاق الموجة الطويلة، والتقنية المتبعة واللون ونوع مادة الليزر.

الليزر الغازي

. تستخدم غازات كثيرة لإنتاج شعاع الليزر، وهي تستخدم في أغراض كثيرة. . (HeNe) ليزر الهيليوم النيون الذي ينبعث في مجموعة متنوعة من الموجات في نطاق 633 نانومتر، وهو شائع في التعليم نظرا لتكلفتها المنخفضة.

ليزر ثاني أكسيد الكربون

يمكن أن ينبعث بقدرة عدة مئات كيلووات عند 9.6 ميكرومتر و 10.6 ميكرومتر، وغالبا ما تستخدم في صناعة القطع واللحام. تبلغ كفاءة ليزر ثاني أكسيد الكربون أكثر من 10 ٪.

ليزر أيون الأرجون

ينبعث ضوء في نطاق طول الموجة من 351 نانومتر إلى- 528.7 نانومتر. اعتمادا على البصريات وأنبوب الليزر، وعلى عدد مختلف من خطوط الطيف الصالحة للاستعمال، لكن الخطوط الأكثر شيوعا هي 458 نانومتر و 488 نانومتر و514.5 نانومتر.

والنيتروجين عرضية التفريغ الكهربائي في الغاز عند الضغط الجوي. الليزر الغازي رخيص والأشعة فوق البنفسجية الناتجة لها طول موجة 337.1 نانومتر.

المعادن يزر ايون هي ليزر الغاز التي تولد موجات الأشعة فوق البنفسجية العميقة. الهليوم—فضية 224 (HeAg) نانومتر والنيون—النحاس 248 (NeCu) نانومتر مثالين. هذه الليزر بشكل خاص ls التذبذب الضيقة لأقل من 3 غيغاهيرتز، مما يجعلهم مرشحين للاستخدام.

الليزر الكيميائي

. الليزر الكيميائية تعمل بواسطة تفاعل كيميائي، ويمكن أن تحقق القوى عالية في عملية مستمرة، فعلى سبيل المثال، في ليزر فلوريد الهيدروجين (2700-2900 نانومتر) وفلوريد الديوتيريوم الليزر (3800 نانومتر) في رد فعل هو مزيج من الهيدروجين أو الديوتريوم الغاز مع نواتج الاحتراق من الاثيلين في ثلاثي فلوريد النتروجين.. كانوا اخترعها جورج .Cبيمنتل.

ليزر الجوامد

مواد الليزر الصلبة تحتوي في العادة على «المنشطات» حيث تشوب بلورة أحادية بالأيونات التي توفر الطاقة اللازمة. وعلى سبيل المثال، كان أول ليزر يعمل هوليزر الروبين وهو مصنوع من بلورة الياقوت (الكروم - أكسيد الألمنيوم). كذلك يستخدم الكروم أو النيوديميوم كمشوبات. وينتمي إلى فئة ليزر الجوامد أيضا ألياف الليزر، باعتبارها وسيلة فعالة وعملية، وهي تستخدم في الكتابات على المصنوعات وأجزائها، كما تستخدم في لحام المعادن.

ليزر اشباه الموصلات:

هي نوع من أنواع ليزر الجوامد، ولكن في المصطلحات العرفية الليزر «ليزر الحالة الصلبة» تستثني اشباه الموصلات من هذا الاسم.

النيوديميوم هو مشترك تشويب في مختلف البلورات الأحادية، بما في ذلك إيتيريوم (الثانية: ايفو 4)، إيتيريوم فلوريد الليثيوم (الثانية: YLF)وإيتيريوم الألومنيوم العقيق (الثانية: ان دي). كل هذه المشوبات يمكن أن تنتج ليزر عالي بلنسبة إلى طيف الأشعة تحت الحمراء بطول موجة 1064 نانومتر. وهي تستخدم لقطع المعادن واللحام ووسم المعادن والمواد الأخرى، وأيضا في التحليل الطيفي ولإعادة ضخ صبغة الليزر.

ليزر شبه الموصلات أيضا شائعة الاستعمال في ترددات أو أطوال موجة مختلفة، تستهدم لإنتاج الضوء 532 نانومتر (الأخضر، مرئيا)، 355 نانومتر الأشعة فوق البنفسجية و 266 نانومتر (الأشعة فوق البنفسجية) عندما يكون ضوء تلك الموجات مطلوبا . إتيربيوم، هولميوم، الثوليوم، والإيربيوم هى الأخرى مشتركة في ليزر الجوامد في النطاق 1020-1050 نانومتر. إتيربيوم يستخدم في بلورات مثل روب واي بي دي:، روب واي:، روب واي، روب واي: أنظمة هوائية، روب واي: بنين، روب واي: CaF2، وعادة ما تعمل في مختلف أنحاء 1020-1050 نانومتر. فهي فعالة جدا ويمكن أن تعمل بالطاقة العالية بسبب عيب صغير الكم ارتفاع قوى للغاية في البقول قصير جدا لا يمكن أن يتحقق مع روب واي بي دي:. هولميوم - مخدر يغ بلورات تنبعث منها في 2097 نانومتر وشكل فعال الليزر التى تعمل على أطوال موجات الأشعة تحت الحمراء بقوة تمتصه الأنسجة الحاملة للمياه.. من هو، ان دي عادة ما تعمل في وضع نابض، ومرت عبر الألياف الضوئية الأجهزة الجراحية للمفاصل تطفو على السطح، وإزالة تسوس من الأسنان، وتتبخر والسرطانات، ويطحنون الكلى والمرارة الحجارة.

ليزر الاشعة تحت الحمراء:

يستخدم ليزر الأشعة تحت الحمراء عادة كطيف ذو نبضة قصيرة جدا.ليزر التيتانيوم - الياقوت مشوّب (تي: الياقوت) تنتج غاية القيود الحرارية في ليزر الحالة الصلبة تنشأ عن السلطة صفهم المضخة التى تتبدى في شكل حرارة والطاقة الطاقة الصوتية. هذه الحرارة، وعندما يقترن الحرارية العالية البصرية معامل (د ن / د تي) يمكن أن تؤدي إلى يصور فوتوغرافيا الحرارية، فضلا عن انخفاض كفاءة الكم.. يمكن لهذه الأنواع من المسائل يمكن التغلب عليها عن طريق الصمام الثنائي رواية أخرى، ضخت ليزر الحالة الصلبة، الصمام الثنائي ضخ رقيقة قرص ليزر.. القيود الحرارية في هذا النوع من الليزر يمكن تخفيفها باستخدام هندسة الليزر المتوسطة التى سمك هو أصغر بكثير من قطر شعاع مضخة.. هذا يسمح لمزيد من الانحدار حتى الحرارية في المواد. قرص ليزر رقيقة وقد ثبت أن تنتج ما يصل إلى مستويات كيلووات من الكهرباء.

تطبيقات الليزر :

ليزر تتراوح في حجمها من ليزر ديود المجهرية (أعلى) مع العديد من التطبيقات، على ملعب لكرة القدم الحجم النيوديميوم. ليزر الزجاج (أسفل) تستخدم لالانصهار بالقصور الذاتي الحبس، الأسلحة النووية وغيرها من بحوث الطاقة العالية الكثافة تجارب الفيزياء

تطبيقات الليزر:

. عندما تم اختراع الليزر في عام 1960، كانت تسمى «البحث عن حل للمشكلة». ومنذ ذلك الحين، لأنها أصبحت في كل مكان، وإيجاد أداة في الآلاف من تطبيقات متنوعة للغاية في كل قسم من المجتمع الحديث، بما في ذلك الإلكترونيات الاستهلاكية، المعلومات التكنولوجيا، العلوم، الطب، الصناعة، لإنفاذ القانون، والترفيه، والعسكرية.. . أول تطبيق لأشعة الليزر وضوحا في الحياة اليومية للسكان عامة كان السوبر ماركت الباركود ماسحة ضوئية، وأدخلت في عام 1974. لاعب، أدخلت في عام 1978، كان أول نجاح المنتجات الاستهلاكية لتشمل ليزر، ولكن القرص المضغوط لاعب كان أول ليزر مجهزة الجهاز ليصبح حقا مشتركا في بيوت المستهلكين، بدءا من عام 1982، بعد وقت قصير من طابعات الليزر.

بعض التطبيقات الأخرى

- في الطب: الجراحة دون دماء، وتضميد الجراح بالليزر والعلاج الجراحي، حصى الكلى، العلاج، وعلاج العيون، وطب الأسنان
- في الصناعة : قطع واللحام والمواد المعالجة الحرارية،
- في الدفاع : تمييز الأهداف، وتوجيه الذخائر، الدفاع الصاروخي، مضادة الكهربائية الضوئية الرادار، المسببة لقوات العدو بالعمى.
- في البحث العلمي: التحليل الطيفي، التذرية الليزر، الصلب ليزر، ونثر ليزر، التداخل بالليزر، ليدار
- في تطوير المنتجات التجارية : طابعات الليزر، الأقراص المدمجة، ماسحات الباركود، الحرارة، مؤشرات ليزر، الصور المجسمة.

الليزر والاسلحة:

تشتهر أشعة الليزر في نظام الأسلحة المستخدمة كما في أفلام الخيال العلمي، فكرة عملها تتكون من انبثاق ضوء الليزر إلى سطح الهدف وتقوم بتسخينه وتبخيره مما يلحق ضررا بالغا ويتلف الجسم المستهدف.

أما القوات الجوية الأمريكية فهي تستخدم حاليا الليزر المحمول جوا، المستخدم في طائرة من طراز بوينغ 747، لإسقاط صواريخ العدو على أرض العدو.

وفي مجال الطيران، فإن مخاطر التعرض لأشعة الليزر الأرضية عمدا التي يصوّبها بعض الشباب المتهور من الأرض على مقصورة الطائرة وقت هبوطها بهدف بلبلة وزغللة الطيارين قد نمت إلى حد أن سلطات الطيران المدني لديها إجراءات خاصة للتعامل مع هذه المخاطر. تلك الزغللة قد تتسبب في اصتدام الطائرة بالأرض وتعرض الركاب بالمئات إلى الموت.

في يوم 18 مارس 2009 شركة نورثروب غرومان أعلنت أن مهندسيها قد نجحوا في اختراع آلة ليزر كهربائية قادرة على إنتاج الكهرباء من 100 كيلوواط / شعاع من الضوء بما يكفي لتدمير طائرة أو دبابة من الناحية النظرية، وفقا لما قاله براين ستريكلاند مدير جيش الولايات المتحدة.

حاجز الليزر :

سياج أو حاجز الليزر (Laser fence) هو عبارة عن آلية تستخدم للكشف عن الأجسام التي تمر بخط الرؤية أو الأفق ما بين مصدر الليزر والمقدر. ومن الممكن استخدام أشعة الليزر الأكثر قوة لجرح أو لإيذاء شخص ما أو شيء ما يمر به شعاع الليزر . هذا يعتمد على نوع وقوة الليزر(أنظر: ليزر البعوض).

وأحياناً ما يتم استخدام حاجز الليزر في الخيال والروايات لقدرته على وقف المتسللين أو الدخلاء بمنعهم أو بإيذائهم. ويستخدم هذا المفهوم كثيرا في ألعاب الفيديو. ويمكن مقارنة تلك المفاهيم الخاصة بأسوار الليزر الخيالية بمفاهيم أخرى مثل أشعة الجر أو الصد.