الفصل الثانى

الأدلـــــة الإرشـاديـــة

obeikandl.com

2 – 1 التطور التاريخي لمعايير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية

من المعروف أن المجالات الكهرومغناطيسية ذات التردد المنخفض والشدة الكافية يمكن أن ينتج عنها تحفيز كهربائي للعضلات والأنسجة العصبية (مثل الصعقة الكهربائية). الخلايا العصبية هي الأكثر حساسية للتحفيز الكهربائي في مدى التردد دون 1000 هرتز وخطرها ينخفض بسرعة كبيرة كلما ازداد تردد المجال الكهربائي المتذبذب .

اكتشف العالمة الفرنسية (Arsonval انرسنفال في الفيزياء الحيوية) عام 1890 بان الموجات الراديوية ذات التردد أكثر من 10000 هرتز، وتيار كهربائي 3 أمبير يمكن استخدامها لتسخين الجلد دون التسبب بتحفيز الأعصاب ولكن يتولد الم بسبب انكماش العضلات عند الترددات الواطئة لخطوط القدرة.

في العقود الأولى من القرن العشرين استطاع فيرجسون 1984 ؛ مومفورد 1961) من استخدام الترددات 0.05 ميجاهرتز و 10 ميجاهرتز في العلاج الطبي وسمي بالموجات الطويلة للعلاج الحراري ، لكن في وقت لاحق حظر استخدام هذه الطريقة بسبب مشاكل تداخل الموجات الراديوية.

في عام 1890، ابتكر ماركوني وطور أول نظم للاتصالات الراديوية وفي العقود التي تلت ذلك ازداد تطور معدات توليد ترددات القدرة و مجموعة الترددات الراديوية زيادة مطردة .

في عام 1928 اثبت أن الموجات الراديوية ذات الترددات العالية قادرة على تدفئة الأعضاء الداخلية للجسم البشري لذلك استخدمت على نطاق واسع خلال الثلاثينيات من القرن الماضي المعدات المتقدمة في العلاج الطبي بتقانة النفوذ الحراري(diathermy) والذي سمي العلاج العميق للحرارة . العلاج الطبي بتقانة النفوذ الحراري بالموجات القصيرة لا تتطلب التماس المباشر مع الجلد على عكس العلاج بالنفوذ الحراري بالموجات الطويلة .

قبل استخدام الرادار خلال الحرب العالمية الثانية فان العاملون لا يعلمون بان معدات الموجات الراديوية كان لها تأثيرات على الإنسان إلا إذا كانت في مكان قريب جدا من أجهزة الإرسال أو موصلات الطاقة للترددات الراديوية. بعد فترة وجيزة من الحرب العالمية الثانية كانت هناك بعض التحقيقات في وقت مبكر عن الآثار الصحية الضارة المحتملة. في وقت مبكر من الخمسينيات كانت هناك أدلة كافية لاستنتاج بأن هناك آثار ضارة ترتبط بالتعرض لموجات الميكروويف لمستويات أعلى من حوالي 100 mW/cm^2 ،وان الآلية الرئيسية للإصابة تتعلق بالتسخين (التدفئة) الناتجة عن امتصاص طاقة الميكروويف في مختلف الأنسجة داخل الجسم.

في عام 1953 اعتمدت البحرية الأمريكية أقصى حد من التعرض المستمر مقداره 10 mW/cm^2 لجميع الترددات الراديوية والموجات الميكروووية المستخدمة. في عام 1966 نشر المعهد الوطني الأمريكي للمعايير الطبعة الأولى للمعايير والتي حدد فيها كذلك المقدار 10 mW/cm^2 كحد أقصى لتعرض الإنسان لترددات تتراوح بين 10 ميجاهرتز إلى 100 جيجا هرتز.

المعايير ألمبكرة للتعرض ليست كافية لأنها فشلت في حساب الجوانب الفيزياوية لتفاعل الموجات االكهرومغناطيسية مع الجسم. يتوقف امتصاص طاقة الترددات الراديوية على الشكل الهندسي للجسم نسبة إلى اتجاه المجالات المطبقة وكذلك على الخصائص الكهربائية للأنسجة الماصة .

الجسم أو أجزاء منه يمكن أن يعمل كهوائي مثبت على مدى محدد من الترددات الراديوية، وعلاوة على ذلك فان اعتماد التردد على الرنين يؤدي إلى معدل امتصاص كبير للطاقة. الامتصاص الموقعي لطاقة الترددات الراديوية يمكن أن تحدث في حدود معينة من التردد، و قد طبق هذا المحدد على مستوى التعرض للمجال البعيد للموجة على جميع حالات التعرض. ولكن هذه الشروط لا يمكن تطبيقها في كثير من حالات التعرض قرب المعدات المشعة للموجات الراديوية.

بحلول أواخر الستينيات كان واضحا من التجارب الحيوانية وجود تأثيرات حيوية من الترددات الراديوية والموجات المايكروية على الحيوانات الصغيرة عند تعريضها لموجة مستمرة أو نبضية من الترددات الراديوية وعلى مستويات أقل بكثير من حدود زمن القدرة 10 mW/cm^2. كما لاحظ وجود تأثير في حجوم صغيرة في عينات من الأنسجة. مثل هذه التأثيرات يبدو بأنها أكثر بروزا عندما تتعرض حيوانات الاختبار إلى مجالات نبضية أو مضمنة كبيرة ، حيث أن ذروة الشدة تكون معتدلة أو مرتفعة ، ولكن مستويات معدل الزمن يمكن أن تكون متدنية نسبيا. في السبعينيات تركز البحث على جوانب قياس الجرعة في المدى الذي فيه وجد بان التعرض غير المتجانس يمكن أن يؤثر على امتصاص النظم البايولوجية للإشعاع الراديوي . في وقت مبكر من السبعينيات ، أجريت دراسات مكثفة لقياس الجرع التي قام بها مختلف الباحثين في الولايات المتحدة الأمريكية .

ولكن البيانات الكبيرة لمعظم التأثيرات الحيوية للترددات الراديوية تعتريها الشكوك التي تنبع من عدم فهم مقياس الجرع للترددات الراديوية. المعرفة السابقة عن ترسب طاقة الترددات الراديوية في داخل الجسم تعتمد اعتمادا كبيرا على البيانات المحدودة التي تحتوي على العديد من الافتراضات الجوهرية والتي تبسط بشكل كبير الطريقة التي يمتص الجسم البشري إشعاع الترددات الراديوية. ولكن بعد استخدام الحواسيب ذات القدرة العالية والتكنولوجيات الأخرى (مثل كاميرات التصوير الحراري ذات الحساسية العالية) ، حصل تقدم كبير في مجال قياس جرعات ألترددات الراديوية. وحتى اليوم ، فقياس الجرع لا يزال واحدا من أصعب المشاكل الكبيرة والتي يجب معالجتها من قبل الباحثين لمحاولة تفسير اثأر التعرض للترددات الراديوية ، واستقراء البيانات البايولوجية لتعرض الإنسان. وهذا صحيح بغض النظر عما إذا كانت البيانات البايولوجية الأولية التي تم الحصول عليها إما من التجارب المختبرية خارج الجسم الحي أو من دراسات التعرض الحيوانية.لحد ألان لا يوجد معيار واحد معتمد دوليا لتحديد حدود

التعرض للموجات الراديوية. ومع ذلك ، فإن الاتحاد الأوروبي أوصى باعتماد الادله االارشادية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) وتبعتها العديد من البلدان مثل نيوزيلندا ، والحكومة الاسترالية إلا أن المعايير ألاسترالية مختلفة عن المعايير الدولية إلا في الحالات التي يكون فيها ما يبرر النفع الكبير للمجتمع الأسترالي. وسبب الاختلاف يعود إلى جانب محدد من القضايا المرتبطة بتحسين المواصفات الفنية ، أو أن معايير ICNIRP غير كاملة.

كما أن الادله االارشادية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين أوصت بها منظمة الصحة العالمية لان قواعد وإرشادات الجنة تقتضي الأمانة العلمية لذلك فان جميع أعضاء الهيئة من الخبراء المحايدين الذين لا ينتمون إلى منظمات تجارية أو صناعية.

الغرض من هذا المعيار هو تحديد حدود التعرض للموجات الكهرومغناطيسية ضمن الترددات التي تتراوح بين أكثر من 3 هرتز إلى 300 جيجاهرتز جدول (2 – 1) .

جدول (2 - 1) المدى الترددي للموجات الراديوية

نوع الموجة الراديوية	الاستخدام	المدى الترددي MHz
FM VHF	المذياع	108-–88
TV3	البث الإذاعي الرقمي	223 – 174
TV4&5	التردد فوق العالي بث التلفزيون UHF	830 - 470
GSMtx	GSM الهواتف الجوالة(900 MHz)	915 - 890
GSMrx	GSM المحطات الارضيه (900 MHz)	960 - 935
DCStx	GSM الهواتف الجوالة (1800MHz)	1785 - 1710
DCSrx	GSM المحطات الارضيه(1800MHz)	1880 - 1805
UMTStx	3G الهواتف الجوالة	1980 -1920
UMTSrx	3G المحطات الارضيه	2170 - 2110

حيث أن الأشخاص المعرضين دون المحددات الموضوعة سيكونون في حماية تامة من الآثار الضارة على الصحة.

الآثار الضارة على الصحة تنتج عن اكتشاف الاعتلال في الحالة الصحية للفرد المتعرض أو ذريته.

الادله العلمية الحالية تدل بوضوح على أن هناك عتبة للآثار الضارة على الصحة من التعرض للترددات الراديوية منها التدفئة ، التحفيز الكهربائي ، والتأثيرات على السمع. المحددات الأساسية لهذه المعايير ، مستمدة من هذه العتبات وتشمل على هوامش للسلامة.

هناك نقاش كثير حول حصول الآثار الصحية الضارة للترددات الراديوية دون عتبة التعرض القادرة على التسبب في التدفئة ، والتحفيز الكهربائي ، وعلى وجه الخصوص ما إذا كان أي تأثير يحدث عند أو أقل من حدود مستويات التعرض. وخاصة عند حدوث أي تأثيرات عند المستويات الواطئة من الترددات الراديوية ، وأنها غير قادرة على الكشف عنها بدقة بواسطة الأساليب العلمية الحديثة. بيانات التعرض على المدى الطويل محدودة ، وقد وجد بأن الادله عن تأثيرات المستويات المنخفضه المحتملة ضعيفة وغير مستقرة ، وأنه لا يقدم سببا لتغيير مستوى حدود التعرض . الحدود المبينة في هذه المعايير والتي ترمي إلى الوقاية من الآثار الصحية المعروفة قد لا تمنع أي من التأثيرات المحتملة أو غير المعروفة لمستويات التأثيرات المنخفضه ، على الرغم من أن هامش الامان للمحددات يمكن أن يوفر بعض الحماية ضد هذه مستويات التأثيرات المنخفضه.

وعلاوة على ذلك ، فان المستويات المرجعية المثبتة في هذه المعايير تستند على افتراض مفهوم "أسوأ حالات التعرض " وخاصة فيما يتعلق بشروط التعرض التي تؤدي إلى التعرض على مستوى المحددات الأساسية. في معظم حالات التعرض لا ينطبق مفهوم شروط "أسوأ حالات التعرض" ، وبالتالي فان تطبيق المستويات المرجعية ستوفر هوامش إضافية للسلامة.

هذه المعيار تحدد الحدود التعرض المهني وحدود تعـرض الجمهـور. ويحـدث التعرض المهني بشكل عام في منطقة السيطرة حيث أن الأشـخاص المعرضـين على علم بتعرضهم للمخاطر.

من جهة أخرى فان الجمهور قد لا يكون على بينة من وجود أي مستوى للتعرض من الترددات الراديوية. ويشمل الجمهور جميع الناس من مختلف الفئات العمريـة وبحالات صحية مختلفة. أما بعض المخاطر الأخـرى مثـل التعـرض للمـواد الكيميائية أو الإشعاع المؤين فهناك فئات من الجمهور تكون أكثر عرضة للآثار الصحية من غيرها. في حين أن الادله العلمية لا تشير إلى أن أي الفئـات أكثـر عرضة لتأثيرات ألترددات الراديوية من غيرها في مستويات أقـل مـن حـدود التعرض المهني ، وهذا الاحتمال لا يمكن استبعاده.

بالرغم من ذلك فان فهناك احتمال الاختلاف في تعرض بعض الفئـات العمريـة بالموجات الراديوية دون غيرهم وذلك نتيجة النقاش الجاري ألان حـول الآثـار الصحية المحتملة الناجمة عن استخدام أجهزة الهاتف الجوال ، فقد قيل إن الأطفال قد يكونون أكثر عرضة من الكبار بسبب عملية النمو والتطور في الجهاز العصبي وزيادة امتصاص الطاقة في أنسجة الرأس. ومع ذلك فان الادله غير كافية لإثبات صحة هذه الفرضية لأجهزة الهاتف الجوال .

المحددات الأساسية لمقدار ذروة معدل الامتصاص النوعي SAR تنطبـق علـى جميع الأفراد من مختلف الأحجام بما في ذلك الأطفال. وأظهرت بعض البحـوث بان ترددات الهاتف الجوال تمتص من قبل الإفراد ولا يوجد فرق جوهري فـي امتصاص الطاقة الراديوية بين رأس الكبـار أو رأس الأطفـال الـذين تتـراوح أعمارهم بين 3 و 7 سنوات. على الرغم من ذلك ، فان المحددات الأساسية فـي هذه المعايير يأخذ بعين الاعتبار الاختلاف في الحجم وخصائص النسـيج لجميـع الأفراد بما فيهم أطفال.

أشارت بعض البحوث عام (1996) إلى أن البالغين يمتصون من الطاقة نحو 10 ٪ أكثر مما يمتصه طفل يبلغ من العمر خمس سنوات. من الناحية النظرية ، رأس الكبار ينبغي ان يمتصص قدر أكبر من القدرة مما يمتصه رأس الطفل بسبب كبر حجم رأس البالغ. استخدام النماذج في الحاسب وضح بأن أعلى ذروة لمستويات ألمقدار SAR

يحتمل أن تحصل في الأنسجة العضلية للبالغين ، ولكن الذروة المكانية للأطفال يحتمل أن تحصل داخل المخ. بيد أن هذه النتائج قد فندت من قبل الباحث شونبورن وزملاءه Schönborn, (1998) الذين أجرو دراسات تشريحية باستخدام أشباح (فانتوم) لرأس الأطفال والكبار ولم يجدا اختلافات كبيرة في أي من إجمالي الامتصاص أو التوزيع المكاني لذروة SAR. كذلك بحثت مجموعة Schönborn مسألة احتمال الخلافات العمرية المتعلقة في الخصائص العازلية للأنسجة البشرية. وخلصوا بأنة من غير المرجح أن يوجد فرق كبير في خصائص امتصاص أنسجة البالغين والأطفال فوق سن سنة واحدة. بالرغم من أهمية الخصائص الفردية مثل اختلاف الشكل الهندسي للرأس وسمكة و الخصائص العازلية لمختلف أنواع الأنسجة ، فإنه من الواضح أن التوزيع المكاني للمقدار SAR يعتمد بشدة على قرب واتجاه الهاتف الجوال عن الجسم. وفي الختام ، يعتمد التوزيع الدقيق للطاقة على العديد من العوامل منها طريقة عملها والمدى الترددي المعتمد في البلد.

إن اختيار مستويين مستقلين احدهما لحدود التعرض المهني والأخر للجمهور يوفر أفضل حماية من التعرض .

2 – 2 آلية التو اشج أو الاقتران بين المجالات والجسم

هناك ثلاث آليات أساسية للاقتران الذي من خلاله يحصل تفاعل مباشرة بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية المتغيرة مع الزمن والمادة الحية للجسم:

- الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات الكهربائية .
- الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات المغناطيسية
- امتصاص الطاقة من المجالات االكهرومغناطيسية .

1 – الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات الكهربائية

تفاعل المجالات الكهربائية المتغيرة بمرور الزمن في جسم الإنسان يؤدي إلى تدفق الشحنات الكهربائية (التيار الكهربائي) والذي يؤدي إلى استقطاب الشحنات المقيدة (تشكيل ثنائيات الأقطاب الكهربائية) ، وإعادة تدوير ثنائيات الأقطاب الكهربائية الموجودة بالفعل في الأنسجة. القيمة النسبية للتأثيرات المختلفة من هذه الآثار تعتمد على الخصائص الكهربائية للجسم وهو الايصالية الكهربائية (التحكم في تدفق التيار الكهربائي) والنفوذية (التحكم في تأثير الاستقطاب). الايصالية الكهربائية والنفوذية الكهربائية تعتمد على نوع أنسجة الجسم ،والتردد المطبق. يؤدي المجال الكهربائي خارج الجسم إلى حث شحنات على سطح الجسم ،والتي تؤدي إلى توليد تيارات المستحثة في الجسم ، يتوقف توزيعها على ظروف التعرض ، وعلى حجم وشكل الجسم ، وعلى موضع الجسم في المجال .

2 – الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات المغناطيسية

التفاعل المادي بين المجالات المغناطيسية المتغيرة مع الزمن و الجسم البشري يؤدي إلى حث مجالات كهربائية و تيارات دوامة Eddy current. مقدار المجال المستحث ، و كثافة التيار تتناسب مع نصف قطر الحلقة ، الايصالية الكهربائية للأنسجة ، ومعدل التغير في كثافة الفيض المغناطيسي. عند مقدار وتردد معين للمجال المغناطيسي ، يتولد أعظم مجال كهربائي مستحث عند الحلقة ذات القطر الأكبر. المسار الدقيق ومقدار التيار المستحث في أي جزء من الجسم يعتمد على الموصلية الكهربائية للأنسجة،الجسم غير متجانس كهربائيا ، إلا أن كثافة التيار المستحث يمكن حسابها باستخدام نماذج تشريحية وكهربائية واقعية للجسم والطرق الحسابية ، والتي لها درجة عالية من الدقة . قياسات التيارات

المستحثة ليست ضرورية للترددات اقل من 450 كيلو هرتز للعاملين و اقل من 200 كيلو هرتز للجمهور ، أو إذا كانت شدة المجال منخفضه (16 ٪ عند التردد27 ميجاهرتز).

المجالات المغناطيسية الساكنة يمكن أن تتفاعل مع الكائنات الحية بآليات مختلفة من خلال عملية الحث المغناطيسي ، والجسيمات المشحونة التي تتحرك في المجال المغناطيسي يمكن أن تولد مجال كهربائي و تيار كهربائي صغير يسري في الدم. كذلك يمكن أن يحصل الحث عند حركة الكائن في المجال المغناطيسي الساكن وفقا للقانون فراداي وبذلك تتولد تيارات كهربائية صغيرة في الجسم.

التأثيرات الميكانيكية المغناطيسية Magneto mechanical هو إلية أخرى ، يمكن أن تحصل في الجزيئات والتراكيب الكبيرة ، والتي تتجه باتجاه المجال المغناطيسي الساكن (على غرار عمل البوصلة). الآثار البايولوجية لهذا النوع من التفاعل (على الأقل في البشر) يمكن اهمالة ، إذ أن عدد المواد المغناطيسية الطبيعية الموجودة في الجسم قليلة للغاية.

النوع الثالث من التأثير يتصل بالتفاعلات بين الجزيئات. المجال المغناطيسي الساكن يمكن أن يحدث تأثيرا على بعض النواتج الوسيطة للتفاعلات الكيميائية وبذلك يتغير معدل هذه التفاعلات.كما يحصل عند تشكيل الجذور الحرة radicals كمنتجات وسيطة ، لقد وجد بأن التأثير يمكن اكتشافه حتى عند مجال مغناطيسي ساكن شدته 10 ملي تسلا. إلا أن الآثار البيولوجية لم يتم اكتشافها في مثل هذه المجال ذات الشدة المنخفضه.

3 – امتصاص الطاقة من المجالات االكهرومغناطيسية

يؤدي التعرض للترددات المنخفضه الكهربائية والمغناطيسية عادة لامتصاص قليل للطاقة لا يمكن قياسه لذلك فان ارتفاع درجة الحرارة في الجسم لا يمكن قياسه كذلك. ومع ذلك ،فان التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية بترددات اكبر من100 كيلو هرتز يمكن أن يؤدي إلى امتصاص كبير للطاقة وزيادة في درجات الحرارة.

بشكل عام ، التعرض لمجال كهرومغناطيسي منتظم (موجة مستوية) في حالة الترسيب غير متجانس فان توزيع الطاقة داخل الجسم ، يجب تقييمها عن طريق قياس وحساب الجرعة.

وفيما يتعلق بامتصاص الطاقة من قبل الجسم البشري فان المجالات االكهرومغناطيسية يمكن تقسيمها إلى أربعة مديات :

1 – ا لترددات من حوالي 100 كيلو هرتز إلى أقل من 20 ميجاهرتز ، والتي يقل فيها الامتصاص في الجذع مع التردد ، و قد يحصل امتصاص كبير في الرقبة و الساقين.

2 – في الترددات التي تتراوح بين 20 ميجاهرتز إلى 300 ميجاهرتز ، يحصل عندها امتصاص عالي نسبيا للجسم كله ، ولمقدار أعلى في الرأس.

3 – في ترددات التي تتراوح بين نحو 300 ميجاهرتز إلى عدة جيجا هرتز ، يحدث عنده امتصاص غير منتظم ؛

4 – في الترددات اكبر من 10 جيجاهيرتز ، والتي يحدث فيها امتصاص للطاقة على سطح الجسم في البداية. تتناسب الطاقة النوعية الممتصة في الأنسجة SAR طرديا مع مربع شدة المجال الكهربائي الداخلي. توزيع الطاقة النوعية الممتصة ومعدلها يمكن قياسه أو تخمينه من القياسات المختبرية والتي تعتمد على العوامل التالية:

1- عوامل المجال الساقط ، مثل التردد ، الشدة ، الاستقطاب ، وترتيب المصدر– الجسم (المجال القريب أو البعيدة) ؛حيث أن المجال البعيد Far Field هو الحيز الذي تكون عنده المسافة عن الهوائي تتجاوز الطول ألموجي للمجال الكهرومغناطيسي. في هذه المنطقة يكون المجال المغناطيسي متلاشي ولا يمكن قياسه بشكل واضح بينما يكون قياس المجال الكهربائي مناسبا.أما Near Field المجال القريب هو الحيز الذي تكون عنده المسافة عن الهوائي قريبة وتساوي

$$D^2/4\lambda$$

حيث أن:

D هي اكبر أبعاد للهوائي

λ الطول الموجي للمجال

2- تأثير الأرض وتأثيرات الأجسام العاكسة أو التأثيرات الأخرى بالقرب من الجسم المتعرض.

3- خصائص الجسم المعرض ، أي ،الحجم والشكل الداخلي والخارجي و الخصائص العازلة لمختلف الأنسجة.

عندما يكون المحور الطويل للجسم البشري موازيا لمتجه المجال الكهربائي ، وعند شروط التعرض لموجة مستوية (أي التعرض للمجال البعيد) ، فان الطاقة النوعية الممتصة لكامل الجسم تصل قيمتها إلى الحد الأقصى. تعتمد كمية الطاقة الممتصة على عدد من العوامل ، أهمها حجم الجسم المتعرض وتأريضة. فعندما يكون الجسم غير مورضا فان التردد الرنيني للامتصاص قريبا من 70 ميجاهرتز. يكون لامتصاص الرنيني للفرد الطويل قليلا ،أما للأفراد القصار البالغين ، الأطفال الرضع ، والأفراد الجالسين فان التردد الرنيني للامتصاص قد يتجاوز 100 ميجاهرتز. القيم المرجعية للمجال الكهربائي تستند على اعتماد علاقة التردد- والطاقة الممتصة للإنسان على الأرض ، فان التردد الرنيني يقل بحوالي 2 مرة. بالنسبة لبعض الأجهزة التي تعمل بترددات أعلى من 10 ميجاهرتز (مثل عوازل التسخين والتلفون الجوال) ،تعرض الإنسان يمكن أن يحدث في ظل ظروف المجال القريب .

اعتماد علاقة التردد- والطاقة الممتصة في إطار هذه الظروف تختلف كثيرا عن تلك التي وصفت للمجال البعيد. المجالات المغناطيسية قد تكون هي المسيطرة في بعض الأجهزة ، مثل الهواتف الجوالة ، في بعض ظروف التعرض فان حسابات النماذج العددية ، وكذلك قياسات التيارات المستحثة في الجسم وشدة المجال الكهربائي مهمة لتقييم التعرض الناتج عن المجال القريب كما في الهواتف الجوالة

،وأجهزة الاتصال الراديوية walkie-talkies ، وأبراج الاتصالات ومصادر عوازل التسخين. التعرض الناتج عن المجال القريب لهذه الأجهزة يمكن أن تؤدي إلى تعرض عالي للطاقة النوعية الممتصة SAR (على سبيل المثال ، في الرأس ،والمعصمين والكاحلين) ، وSAR لكامل الجسم تعتمد اعتمادا شديدا على المسافة الفاصلة بين مصادر الترددات العالية والجسم. وأخيرا فان البيانات التي يتم الحصول عليها عن طريق قياس الطاقة النوعية الممتصة SAR ، تتطابق مع البيانات التي تم الحصول عليها من حسابات النماذج العددية.

الطاقة النوعية الممتصة SAR أو معدلها للجسم باجمعة هي كميات جيدة لمقارنة آثار التعرض الملاحظ في مختلف ظروف التعرض عند الترددات التي تزيد عن 10 جيجا هرتز ، فان عمق نفوذ المجال في الأنسجة يكون قليلا ، لذلك فان SAR ليست جيدة لتقييم الطاقة الممتصة ، وان كثافة القدرة الساقطة المقاسه هي أكثر دقة من قياس كمية الجرعة.

آليات الاقتران غير المباشرة :

هناك نوعان من آليات الاقتران غير المباشرة :

- التيارات الملامسة التي تنتج عندما يحصل اتصال بين جسم الإنسان وأي جسم موصل له جهد كهربائي مختلف (أي عندما يشحن الفرد و الجسم الموصل نتيجة لوجود موجات كهرومغناطيسية EMF)
- الاقتران بين الموجات الكهرومغناطيسية والأجهزة الطبية التي بداخل جسم الإنسان .

يسبب شحن الجسم الموصل بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية EMF تمرر التيارات الكهربائية عبر الجسم البشري. قيمة هذه التيارات وتوزيعها المكاني يعتمد على التردد ، حجم المادة ، حجم الشخص ، ومساحة الاتصال ، و الشحنة العابرة . أو يمكن أن تؤدي إلى حصول التفريغ (شرارة) أو يمكن أن يحدث التعرض للفرد والجسم الموصل في مجال قوي قريب.

الوحدات المستخدمة في هذا الكتاب موضحة في الجدول 2 – 2 .

جدول (2 – 2) كميات الموجات االكهرومغناطيسية ووحداتها بالنظام العالمي

الكمية	الرمز	الوحدة
التيار	I	أمبير (A)
الايصالية	s	سيمسن/ متر (S/ m)
كثافة التيار	**J**	أمبير / متر^2 (A/ m^2)
التردد	f	هرتز (Hz)
شدة المجال المغناطيسي	**H**	أمبير / متر (A/ m)
كثافة الفيض المغناطيسي	**B**	تسلا Tesla (T)
النفوذية المغناطيسية	m	هنري/ متر(H/ m)
النفوذية	e	فراد/ متر (F/ m)
كثافة القدرة	**S**	واط / متر^2 (W/ m^2)
الطاقة النوعية الممتصة	SA	جول/ كغم(J/ kg)
معدل الطاقة النوعية الممتصة	SAR	واط / كغم (W/kg)

الآثار المباشرة هي نتيجة التفاعل بين المجال الكهرومغناطيسي ، والأنسجة البايولوجية. فإنها قد تؤدي إلى تأثيرات صحية وبيولوجية . الآثار الصحية غير المباشرة قد تحدث عندما يكون هناك تفاعل بين المجالات االكهرومغناطيسية . في ظل ظروف معينة فان المجالات االكهرومغناطيسية الخارجية قد تتدخل مع الدوائر الالكترونه للأجهزة الطبية التي تحتوي على الإلكترونيات وقد يؤدي ذلك إلى خلل في هذه الأجهزة والتي تعرض صحة الناس اللذين يستخدموها إلى المخاطر. وتشمل هذه الأجهزة أجهزة صغيرة أو أجهزة مزروعة في بعض

الأحيان ، مثل أجهزة السيطرة على النبض في أمراض القلب ، ومضخة الأنسولين ومقياس السكر في الدم ، وكذلك الأجهزة الأكبر حجما مثل الكراسي المتحركة الكهربائية. الآثار غير المباشرة تنتج لمشاكل ذات طابع تقني .

المجالات الكهربائية الساكنة تحث الشحنات على سطح الجسم ،العتبة لهذا التأثير يحصل عند مجال شدته 20 كيلو فولت / م. وإذا مسك الشخص المشحون المعزول جسم موصل متصل بالأرض ، فقد تحدث شرارة تفريغ صغيرة. كما يحصل مثلا عند المشي فوق السجاد في بيئة جافة. هذا يتوقف على شدة المجال المتولد والذي تتراوح بين حوالي 10 كيلو فولت / م إلى أكثر من 1200 كيلو فولت / م. هذا التفريغ لا يؤدي إلى آثار صحية ضارة. ومع ذلك قد ، تسبب عدم الارتياح وردود أفعال . لكنة قد يحدث انزعاج عند مجال شدته أكثر من 25 كيلو فولت / م.

التأثيرات الحرارية وغير الحرارية

هنالك فرق كبير بين التأثيرات الحرارية وغير الحرارية في حالة التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية ذات الترددات ألعالية. التأثير الحراري ينتج عن الترددات الكهرومغناطيسية ذات الترددات فوق 100 كيلو هرتز والذي يمكن أن يمتص في جزئيات المواد التي تحتوي على الماء (مثل الأنسجة البايولوجية) وتحويلها إلى حرارة. التسخين المفرط قد يؤدي إلى آثار صحية أو بيولوجية. بشكل عام فان التعرض في الحياة اليومية لا ينطوي على تسخين الأنسجة ، وبالتالي لن يؤدي إلى التأثيرات الحرارية. ومع ذلك ، فإن الناس تخاف من أن هذا التعرض قد يؤدي إلى آثار صحية ، كما في بعض الأعراض مثل الصداع والأرق أو حتى من آثار تهدد الحياة مثل الإصابة بالسرطان. لأنة من غير المرجح حدوث التسخين ، وتسمى هذه الآثار غير الحرارية.

في بعض الأحيان فأن التأثير غير الحراري لا ينظر له عند تحليل المعلومات العلمية ، لأنها لا تستخدم كأساس للأدلة الارشادية للتعرض. لقد قامت المنظمات

العلمية بمراجعة جميع الدراسات ذات الصلة ، للتأثيرات غير الحرارية. في العديد من هذه الدراسات فان التأثيرات البايولوجية غير الحرارية قد وضحت ، ولكن التأتيرات الضارة على الصحة على أساس هذه الآثار لم توضح. ولذلك لا يمكن أن تستخدم كأساس لوضع الادلة الارشادية للتعرض. من الجدير بالذكر ، فان ذلك ينطبق على الترددات العالية فقط لان الآثار لتردد المجالات المنخفضه هي بطبيعتها آثار غير حراريه دائما.

2 – 3 الادله االارشادية للهيئة الدولية للوقاية من الاشعاع غير المؤين

الغرض من الادله الارشادية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين ICNIRP وضع مجموعة متناسقة من الادله االارشادية للتعرض الناتج عن الطيف الكهرومغناطيسي للترددات من 1 هرتز إلى 300 جيجا هرتز .تؤدي الادله الارشادية إلى توفير الوقاية الكافية من الآثار الضارة المباشرة وغير المباشرة على صحة الإنسان من المجالات الكهرومغناطيسية EMF.

على مر السنين ،وضعت ICNIRP نظاما شاملا للوقاية من آثار التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية سمي بمقياس الجرع Dosimitrey. يتضمن النظام المستويات الارشادية للتعرض وضعت بطريقة واضحة وشفافة ، بعد وضع معايير وخطوات محددة مسبقا. تشمل هذه المعايير اختيار وتقييم دقيق وصارم للمعلومات العلمية. يحتوي هيكل النظام للأدلة الارشادية (مقياس الجرع) على ثلاث مقاييس أساسية هي :

1 – المحددات الأساسية Basic restrictions

2 – المستويات الارشادية reference levels

التي يكون استخدامها مرنا وعمليا في أي حالة من حالات التعرض و تعرض أي فئة من فئات السكان.

3 – عوامل التخفيض Reduction factors

لغرض التعويض عن عدم الدقة و الاحتياط تستخدم عوامل لتخفيض المحددات الأساسية والمستويات الارشادية للتأكد من أنة في ظل الظروف الواقعية فان التعرض يكون أقل بكثير من حد العتبة للتأثيرات الصحية.

عوامل التخفيض مقدارها يتفاوت تبعا لدرجة عدم الدقة . بعض الآثار يمكن أن تكون في واقع الأمر بدقة معقولة . عوامل التخفيض تكون قليلة لغرض الحصول على مستويات أقل من الحد الأدنى(العتبة) المطلوب ، وعندما تكون الدقة قليلة فان إدخال عامل تخفيض كبير قد يكون له ما يبرره. استخدام عوامل التخفيض للمحددات الأساسية هو تدبير وقائي، وتجدر الإشارة إلى أن مزيدا من التدابير الوقائية تقوم على ألنهج المحافظ المعتمد في اشتقاق المستويات المرجعية. عوامل التخفيض توضع بطريقة لضمان الامتثال للمحددات الأساسية في معظم الحالات غير المرغوبة لمجموعة من العوامل التي توصف التعرض. وهذا يعني أن هناك عوامل إضافية هي عوامل التخفيض والتي توضع تحت ظروف واقعية. هذه العوامل قد تكون أعلى بكثير من المحددات الأساسية الموضوعة .

تدرك ICNIRP أن الآثار الطويلة الأجل والتي اقترحتها بعض الدراسات الوبائية هي من نوع التأثيرات الحادة تقريبا ، ولكنها غير مدعومة بما يكفي من البحوث التجريبية ، أو الدراسات عن آليات التفاعل المحتملة. في رأي ICNIRP ، فإن جميع نتائج البحوث المتعلقة بالتعرض إلى المجالات الكهرومغناطيسية EMF واستحداث السرطان أو غيرها من الأمراض ليست قوية بما يكفي لتشكيل قاعدة علمية لوضع مبادئ ارشادية للتعرض.وبشكل عام ، تجدر الإشارة إلى أن التأثيرات طويلة الأمد ذات طابع عشوائي stochastic ، و ينبغي استخدام الاستراتيجيات الوقائية التي تختلف عن المبادئ الارشادية للتعرض. هذه الاستراتيجيات ينبغي أن تقوم على أساس قبول مخاطر معينة ، مع مراعاة طبيعتها

وإبعادها ولكن أيضا على الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية التي تقع خارج نطاق مسؤولية ICNIRP.

عند تقييم الآثار الصحية التي تقوم بها الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه (ICNIRP) ، يمكن تحديد ثلاث خطوات.

الخطوة الأولى: يتم تقييم كل دراسة من حيث أهميتها بالنسبة للآثار الصحية التي يجري النظر فيها ، ونوعية الوسائل المستخدمة. تستخدم أوزان مختلفة لتقيم هذه الدراسات ، ولذي يتوقف على مدى قدرتها على تلبية معايير الجودة فيما يتعلق بالتقنيات التجريبية المستخدمة ، وتقييم التعرض ، والسيطرة على الأوضاع البيئية ، وتكرار نتائج هذه التجارب.

الخطوة الثانية : تقييم جميع المعلومات ذات الصلة بالتأثيرات الصحية. هذا التقييم عادة ما يتم بشكل منفصل لغرض المعلومات الوبائية ، والفحوص المختبرية للإنسان والدراسات على الحيوان والبحوث في خارج الجسم الحي. وأخيرا ، فإن نتائج الخطوات المذكورة أعلاه مجتمعة تعطي تقييم شامل.

تدرك ICNIRP أن هذه العملية تنطوي على بعض الأحكام للحد من التحيز للمواقف الشخصية ، والخطوات المبينة أعلاه تتم بشكل جماعي من قبل اللجنة بأكملها ، ودعم من لجانها الدائمة.

عندما يسمح التقييم الشامل لتحديد التأثير وعلاقة السببية بالتعرض ، ويصبح التأثير معروفا وثابتا. هذه المعايير المستخدمة لتحديد التأثيرات تكون ذات نتائج مكررة ومتطابقة مع دراسات ذات طبيعة مختلفة (مثل البحث عن المعلومات للبحوث خارج وداخل الجسم الحي والتي تعطي نتائج بيولوجية معقولية لتفسير العلاقات الإحصائية في الدراسات الوبائية.

1- قياس كميات الجرعات والمحددات الأساسية

Dosimetric quantities & Basic restrictions

حدود للتعرض لمجالات الترددات الراديوية تكون الإلزامية لأنها تستند على التأثيرات الصحية والتي تسمى المحددات الأساسية. الوقاية من الآثار الصحية الضارة يتطلب عدم تجاوز هذه المحددات الأساسية والتي تعتمد على التردد . الكميات الفيزياوية المستخدمة لتحديد المحددات الأساسية هي كثافة ا للتردد لتيار (J) ، ومعدل الامتصاص النوعي (SAR) و الامتصاص النوعي (SA)) وكثافة فيض القدرة (S) جدول (2-3).

بيد أن هذه المحددات الأساسية الإلزامية من الصعب قياسها عمليا لقياس. لذلك فان المستويات المرجعية (المجالات الكهربائية والمغناطيسية ، والتيارات المستحثة في الأطراف، والتيارات الملامسة) ، هي كميات يمكن قياسها عمليا ويمكن أن توفر وسيلة بديلة لإظهار الامتثال للمحددات الأساسية الإلزامية. علما بأن المحددات الأساسية يمكن استبعاد أثارها الصحية بالرغم من ان المستويات المرجعية قد تم تجاوزها. المستويات المرجعية قد صيغت بشكل متحفظ بحيث أن الامتثال للمستويات المرجعية الموضحة في هذه الادلة الارشادية تضمن الامتثال للمحددات الأساسية.

جدول (2-3) بارومترات مقاييس الجرع والمحددات الأساسية ICNIRP

مدى الترددات	البارومتر والوحدة
Hz 1 - MHz 10	كثافة التيار J (أمبير / م^2)
Hz 1 - MHz 110	التيار I (أمبير)
kHz 100 - GHz 10	معدل الامتصاص النوعي SAR (W/kg)
GHz 10 - GHz 300	كثافة القدرة.S (W/m^2)
المجال النبضي	
MHz 300 - GHz 10	الامتصاص النوعي (J/kg)

يبين الجدول (2-4)العلاقة بين المحددات الأساسية وما يقابلها من مستويات مرجعية. نوع التأثير البيولوجي الناتج عن التعرض للمجال الكهرومغناطيسي EMF ليس له علاقة بمستوى المجالات الخارجية فقط ، وإنما له علاقة مع تواشج المجال مع الجسم المتعرض.

العلاقة الكمية التي تسبب الآثار البايولوجية الخارجية للتعرض لها بارومترات فعالة للأنسجة المستهدفة عند التعرض المنفرد. ولذلك فان آلتاثير يمكن وصفه على نحو أفضل بالكميات التي تعبر عن مدى كفاءة التعرض الخارجي والذي يسبب تأثيرات بيولوجية معينة. وتسمى هذه الكميات بالكميات الفعالة بيولوجيا ، أو مقاييس الجرع.

ورغم أن العديد من مقاييس الجرع أدخلت لمديات مختلفة من الطيف للمجال الكهرومغناطيسي EMF ،فان أكثرها أهمية هي كثافة التيار المستحث ، والتي تكون مناسبة للترددات المنخفضه للمجالات المغناطيسية والكهربائية وحتى إلى ترددات تصل إلى 10 ميجاهرتز) ، الآثار البايولوجية والصحية تعتمد على عدة معايير للتعرض. تشمل ، على سبيل المثال لا الحصر ، شدة المجال الكهرومغناطيسي.

الجدول (2-4) العلاقة بين الأساسي القيود والمستويات المرجعية

المحددات الاساسية	المستويات مرجعية
المستويات اللحظية المكانية لقيمة معدل مربع الجذر التربيعي rms لكثافة التيار للتردد 3 kHz– 10 MHz)	المستويات اللحظية لقيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H وتيارات التلامس للتردد (3 kHz –10 MHz

SAR لعموم الجسم للتردد (100 kHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz)
SAR اللحظية المكانية للإطراف للترددات (100 kHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz) و/أو التيارات المستحثة في ألإطراف للساقين وللذراعين للترددات 10) . (MHz-110 MHz وتيارات التلامس للتردد 10) MHz-110 MHz)
SAR اللحظية المكانية في الرأس و الجذع (100 kHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz)
SAR اللحظية المكانية في الرأس للترددات (300 MHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H وكثافة فيض القدرة للترددات (300 MHz - 6 GHz)
SAR اللحظية المكانية في الرأس و الجذع للترددات (10 MHz - 6 GHz))	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H وكثافة فيض القدرة للترددات (10 MHz - 6 GHz)
متوسط الزمن و كثافة فيض القدرة الحظي S للترددات (6 GHz–300 GHz)	متوسط الزمن قيمة معدل مربع الجذر التربيعي اللحظية للمجال الكهربائيE و/او لمجال المغناطيسيH للترددات(6 GHz - 300 GHz)

تقوم إستراتيجية ICNIRP على تعريف المحددات الأساسية لقياس كميات الجرعات المناسبة بدلا من شدة المجالات نفسها. تكون المحددات الأساسية لكل

مدى من الترددات دون عتبة مناسبة للآثار الحرجة. لبعض المناطق من الطيف الكهرومغناطيسي EMF ،والتي تكون عندها المعلومات المتاحة غير كافية لإثبات الآثار الحرجة بالثقة الكافية ،فان المحددات الأساسية يمكن الحصول عليها من استقراء الترددات الدنيا والعليا . المحدد الأساسي المهم لقياس الآثار البايولوجية والصحية الذي اعتمدته معظم البلدان وأوصت به ICNIRP يهدف إلى ضمان توفير الوقاية للعاملين والجمهور من مجال الموجات االكهرومغناطيسية عالية التردد . هذه الكمية هي معدل الامتصاص النوعي للإشعاع في أنسجة الجسم SAR (Specific Absorption Rate)) والتي تقاس بالواط / كغم والذي يرتبط بالتأثير الحراري الناجم عن التعرض للمجالات االكهرومغناطيسية لترددأكثر من 10 ميجاهرتز.

معدل الطاقة النوعية الممتصة ، SAR مقياس لامتصاص حرارة الموجات االكهرومغناطيسية من قبل الأنسجة الحية . فهي تمثل عملية انتقال الطاقة من المجالات الكهربائية و المغناطيسية إلى الجسيمات المشحونة في الوسط الماص. ومعدل الامتصاص هو انسياب الطاقة في وحدة الكتلة مقاسا بوحدات الواط / كيلوجرام .وعند الحديث عن أنسجة جسم الإنسان، فإن ذلك يعني أن معدل الامتصاص هو قياس الحرارة التي تمتصها الأنسجة .وقد عرف معهد المعايير الوطني الأمريكي معدل الامتصاص النوعي بأنه " المعدل الزمني الذي يتم فيه نقل الطاقة االكهرومغناطيسية للترددات الراديوية إلى عنصر أو كتلة في الجسم البيولوجي . تحدد اللجنة الفيدرالية للاتصالات في الولايات المتحدة الحد الأقصى لكثافة الطاقة المنبعثة من الأجهزة التي تعمل على نفس مدى الترددات المخصصة للهواتف الجوالة، بالمقدار 4 ميلي واط/ سم^2. أما الأجهزة التي يغطي الإشعاع الصادر منها على بعد 20 سنتيمتر من جسم الإنسان، مثل الهاتف الجوال، فيكون أقصى معدل امتصاص لها 1.6 واط / كغم .

يتم قياس معدل الامتصاص مباشرة من واقع زيادة الحرارة في منطقة محددة من الأنسجة. ولقياس معدل الامتصاص مباشرة، يلزم توصيل أجهزة قياس درجات الحرارة بالخلية الحية لمستعمل الهاتف .وقد أجريت عدة دراسات لتحديد معدل الامتصاص في الأنسجة المعرضة للإشعاعات الضعيفة الصادرة من أجهزة الهاتف النقال. وشملت تلك الدراسات قياس معدل الامتصاص في نماذج من الأدمغة البشرية .وقد أوضحت بعض الدراسات الأمريكية أن الحد الأقصى المعقول للتعرض للإشعاع الذي يمكن التعرض له أثناء الاستعمال العادي للهواتف الجوالة، يجب ألا يزيد على 1.6 واط / كغم .وقد توصل العلماء إلى أن تعرض الإنسان لإشعاعات الهواتف الجوالة يجب ألا يتخطى هذه الحدود. وتبين نتائج الدراسات أن الاستعمال العادي المتقطع للهواتف الجوالة من شأنه أن يعرض الإنسان لقدر قليل من الإشعاع لا يصل إلى الحدود القصوى المسموح بها.

ويعرف ، SAR عند نقطة في الوسط الماص بأنها معدل تغير زمن الطاقة المنتقلة إلى الجسيمات المشحونة في حجم متناهي في الصغر في تلك النقطة ، مقسوما على كتلة وحدة الحجم المتناهي في الصغر .

$$SAR = (\partial W / \partial t)\, \rho_m$$

حيث ρ_m هو كثافة كتلة الجسم عند تلك النقطة.

تعتمد SAR الموضعية تعتمد على المجال الكهربائي من خلال المعادلة التالية :

$$SAR = P/\rho_m = \sigma E^2/\rho_m = \omega \varepsilon_0 \varepsilon'' E^2/\rho_m$$

حيث أن:

P كثافة القدرة الممتصة

σ (S/m) الايصالية الكهربائية للنسيج البشري

E (V/m) المجال الكهربائي الداخلي المقاس

ρ (kg/m^3) كثافة للنسيج البشري

ε الســـماحية الكهربائيـــةpermittivity

فإذا عرف المجال الكهربائي E والموصلية عند نقطة داخل الجسم ،(الدماغ)،فان SAR في تلك النقطة يمكن إيجادها بسهولة. جميع المعلومات عــن العازليــة و السماحية للأنسجة موضحة في الجدول (2 -4) .

وفي حالة استخدام الهاتف الجوال فان SAR هي مؤشر على كمية الإشعاع التي يمتصها الرأس ، في النطاق الترددي(100 kHz− 10 GHz). إما , في المــدى الترددي(10− 300 GHz) فان المؤشر على كمية الإشعاع التي تمتص قريبا من سطح الجسم هي كثافة القدرةS والتي تقاس W/m^2.

الجدول (2 - 4) خواص عازليه للأنسجة الدماغ البشري

التردد(MHz)	الايصالية (Ω/ (m	الكثافة الكتلية (kg/m3)	السماحية
900	0.7665	1030.0	45.8055
1800	1.1531	1030.0	43.5449

2 – 4 أسس الحد من التعرض

وضعت المبادئ الارشادية للحد من التعرض للموجات االكهرومغناطيســية بعــد استعراض شامل لجميع البحوث العلمية. المعايير المطبقة في هذه البحــوث هــو تقدير أثار التعرض كأساس للمحددات المقترحة .علما بان اســتحداث الســرطان الناتج من التعرض للموجات الكهرومغناطيسية على المدى الطويل من التعــرض لم يؤخذ في الحساب .

المبادئ الارشادية المستخدمة تقوم على التأثيرات ذات المدى القصير ، و الآثار الصحية الفورية مثل تحفيز الأعصاب المحيطية والعضلات ، الصدمات ، والحروق التي تسببها اللمس للأجسام الموصلة، وارتفاع درجات الحرارة في الأنسجة الناجمة عن امتصاص الطاقة من خلال التعرض للموجات االكهرومغناطيسية . في حالات التأثيرات المحتملة على المدى الطويل للتعرض ، مثل زيادة خطر الإصابة بالسرطان ،فان هيئة الوقاية الدولية من الإشعاعات غير المؤينه ICNIRP خلصت إلى أن المعلومات المتاحة لا تكفي لتوفير أساسا لتحديد التعرض ، على الرغم من أن الدراسات الوبائية وضعت بعض الفرضيات غير المقنعة على وجود علاقة ممكنة بين التعرض والآثار المسببة للسرطان في مستويات الترددات الواطئة .

لقد تم ملاحظة بعض آلتاثيرات الجوالة والنسيجية العابرة في داخل الجسم الحي نتيجة للتعرض للموجات الكهرومغناطيسية على المدى القصير ولكن مع عدم وجود علاقة واضحة بين التعرض والاستجابة . هذه الدراسات هي ذات قيمة محدودة في تقييم الآثار الصحية لأن الكثير من الاستجابة لم يستدل عليها في داخل الجسم الحي. لذلك فان الدراسات المختبرية وحدها لا تقدم بيانات جدية وتشكل أساسا ممكن للتقييم الابتدائي للآثار الصحية للموجات االكهرومغناطيسية .

المعرضون مهنيا للموجات االكهرومغناطيسية هم السكان البالغين المعرضين للمخاطر المحتملة للموجات االكهرومغناطيسية تحت ظروف معينة ، لذلك عليهم الحذر واتخاذ الاحتياطات المناسبة. على النقيض من ذلك ،فان أفراد الجمهور والمجموعات أو الأفراد من جميع الأعمار والتي تتفاوت حالتهم الصحية ، لا يعلمون بتعرضهم للموجات االكهرومغناطيسية EMF . في كثير من الحالات علاوة على ذلك ، فإن أفراد الجمهور لا نتوقع أن يتخذوا الاحتياطات اللازمة لتجنب أو تقليل التعرض للمخاطر المحتملة للموجات االكهرومغناطيسية . لذلك من الضروري اتخاذ المزيد من القيود الصارمة لتقليل التعرض للجمهور .

محددات المستويات المرجعية لأثار التعرض تعتمد على أساس ، حصول الآثار الصحية والتي تؤثر على الفرد وتسمى المحددات الأساسية ، والتي تعتمد على التردد والكميات الفيزياوية المستخدمة لتحديد أسس المحددات المفروضة على التعرض للموجات االكهرومغناطيسية EMF هي كثافة التيار، الطاقة النوعية الممتصة SAR، وكثافة القدرة.

الوقاية من الآثار الصحية الضارة تتطلب أن تكون ألمحددات الأساسية لا تتجاوز المستويات المرجعية للتعرض والمستمدة من المقارنة مع الكميات الفيزياوية المقاسة والتي تتطابق مع جميع المستويات المرجعية الواردة في المبادئ التوجيهية الأساسية لهيئة الوقاية من الإشعاعات غير المؤينه . المعلومات عن الآثار البايولوجية و الصحية لتعرض البشر إلى الموجات االكهرومغناطيسية EMF غير كافية ، لذلك فان تجارب الحيوانات المختبرية يمكن أن توفير الأساس لوضع عوامل السلامة على جميع مديات التردد وجميع الترددات المحورة frequency modulations . وبالإضافة إلى ذلك فان عدم الدقة الذي ينبع من نقص في المعرفة بشأن قياس الجرعات المناسبة يجعل هذه المعلومات غير كافية. هناك نوعين من التأثيرات تحدثها الموجات االكهرومغناطيسية :

١- تأثير حراري مباشر، ويؤثر على درجة حرارة الجسم خاصة الأعضاء التي تصلها كميات قليلة من الدم مثل العين وخاصة عدسة العين ويسبب حدوث عتمة العين أو المياه البيضاء، وأيضا يؤثر على الخصية وينتج عنه انخفاض في عدد وحيوية الحيوانات المنوية وبالتالي انخفاض الخصوبة، وتزداد هذه الآثار الحرارية كلما زادت مدة التعرض لهذه الموجات.

٢- تأثير غير حراري، ويحدث من خلال وجود ترددات مختلفة من المجالات االكهرومغناطيسية مما يؤثر على بيولوجية الخلية والتمثيل الحيوي بداخلها وانتقال

أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم عبر جدارها، وأن الترددات التي تسببها هذه الموجات تؤثر على كهرباء المخ وعلى النوم.

المتغيرات العامة التي تأخذ بنظر الاعتبار تطوير عوامل السلامة للترددات العالية هي:

- آثار التعرض إلى EMF تحت ظروف بيئية قاسية (ارتفاع درجة الحرارة ، وزيادة مستويات النشاط ----الخ).
- الحساسية الحرارية العالية في فئات معينة من السكان ، مثل الإفراد غير البالغين / أو كبار السن ، الرضع, الأطفال الصغار ، والأشخاص الذين يعانون من الأمراض أو يتناولون الأدوية التي تؤدي للتحمل الحراري .العوامل الإضافية التالية تأخذ بنظر الاعتبار لاشتقاق المستويات المرجعية للترددات العالية .
- الاختلافات في امتصاص الطاقة الكهربائية من قبل أفراد من مختلفي الأحجام ,ويختلف اتجاههم من المجال الكهربائي والمغناطيسي ؛
- الانعكاس ، والتركيز ، والتشتت للمجال الساقط ، والتي يمكن أن تؤدي إلى تعزيز الامتصاص الموقعي للطاقة العالية التردد.

الاختلافات في الأسس العلمية المستخدمة لتطوير أساسيات محددات التعرض لمديات مختلفة من الترددات كما يلي:

- للترددات ما بين 1 هرتز و 10 ميجاهرتز ، فان المحددات الأساسية تعتمد على كثافة التيار التي تؤدي لمنع آلتاثيرات على وظائف الجهاز العصبي،
- لمدى الترددات بين 100 كيلو هرتز و 10 جيجا هرتز ، يجب أن تفرض المحددات الأساسية على الطاقة النوعية الممتصة SAR لمنع تعرض الجسم كله ، والإفراط في الإجهاد الحراري الموقعي في النسيج .
- ما بين 100 كيلو هرتز – 10 ميجاهرتز تفرض القيود الأساسية على كل من كثافة التيار و الطاقة النوعية الممتصة SAR

- ما بين 10 ميجاهرتز – 300 جيجا هرتز ، تفرض القيود الأساسية على كثافة التيار لمنع الإفراط في تدفئة أنسجة الجسم ، أو قرب من السطح.

في مدى الترددات التي تتراوح بين بضعة هرتز إلى 1 كيلو هرتز ، لمستويات من كثافة التيارات المستحثة فوق 100 مايكرو أمبير/م^2 ، فان عتبات التغيرات الحادة تحصل في الجهاز العصبي المركزي للاستثارة وغيرها من الآثار الحادة. وعلى أساس اعتبارات السلامة أعلاه ، تقرر ، بأنة للترددات التي تتراوح بين 1 هرتز إلى 4 كيلو هرتز فان التعرض المهني يقتصر على المجالات التي تكون فيها كثافة التيار أقل من 10 ملي أمبير \ م^2 ، أي استخدام عامل أمان مساويا 10 لعامة الجمهور يضاف عامل أمان أخر مقداره 5 ، وبذلك تطبق محددات تعرض مقدارها 2 ملي أمبير \ م^2 ، لترددات مداها اقل من 4 هرتز وأكثر من 1 كيلو هرتز.

ألآثار البايولوجية والصحية في المدى الترددي من 10 ميجاهرتز لبضعة جيجا هرتز تتفق مع استجابة الجسم على ارتفاع درجة الحرارة أكثر من درجة سلسزية واحدة . هذا المستوى من ارتفاع درجة الحرارة ناجم عن تعرض الأفراد في ظل ظروف بيئية معتدلة على الجسم باجمعة فان الطاقة النوعية الممتصة SAR تقترب من 4 واط \ كغم لنحو 30 دقيقة. و للجسم باجمعة فان SAR يقترب من 0.4 واط \ كغم ، تم اختيار هذه المحددات لكي توفر الحماية الكافية للتعرض المهني. لقد تم وضع عامل أمان إضافي أخر مقداره (5) لتعرض الجمهور والذي يؤثر بمعدل للطاقة النوعية الممتصة SAR على الجسم باجمعة في حدود 0.08 واط \ كغم. الحد الأدنى للمحددات الأساسية لتعرض الجمهور تأخذ في الاعتبار اختلاف ألأعمار والحالة الصحية.

في مدى الترددات المنخفضه يوجد حاليا عدد قليل من المعلومات التي توضح الصلة بين التيارات العابرة والآثار الصحية. لذلك توصي الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه ICNIRP أن المحددات الحالية الناجمة عن كثافة التيار

المستحث بواسطة المجلات العابرة أو ذروة المجالات القصيرة جدا تعتبر قيم لحظية لذلك لا ينبغي أن يأخذ معدل زمن تأثيرها. المحددات الأساسية لكثافة التيار وSAR , ومعدلها للجسم باجمعة ، للترددات التي تتراوح بين 1 هرتز و 10 جيجاهيرتز موضحة في الجدول(2 -5) ، وتلك لكثافة القدرة للترددات 10−300 جيجاهيرتز موضحة في الجدول(2 -6)

الجدول 2 - 5 المحددات الأساسية للمجال الكهربائي والمغناطيسي للترددات أكثر من 10 GHz *

خواص التعرض	مدى التردد	كثافة التيار للرأس والجذع mA/m^2	SAR لعموم الجسم (W/ kg)	SAR الموضعية للرأس والجذع (W/ kg)	SAR الموضعية للأطراف (W/ kg
التعرض المهني	أكثر من 1 هرتز	40	-	-	-
	1 - 4 هرتز	40/f	-	-	-
	4 هرتز - 1 كيلو هرتز	10	-	-	-
	1 - 100 كيلو هرتز	f/100	-	-	-
	100كيلو هرتز - 10 ميجا هرتز	f/100	0.4	10	20
	10ميجا هرتز- 10 جيجا هرتز	-	0.4	10	20
تعرض الجمهور	أكثر من 1 هرتز	8	-	-	-
	1 - 4 هرتز	8\ f	-	-	-

	4 هرتز - 1 كيلو هرتز	2	-	-	-
	1 - 100 كيلو هرتز	f/500	-	-	-
	100كيلو هرتز - 10 ميجا هرتز	f/500	0.08	2	4
	10ميجا هرتز- 10 جيجا هرتز		0.08	2	4

* ملاحظات

1- f التردد مقاسا بالهرتز.

2- بسبب عدم التجانس الكهربائي للجسم ،فان كثافة التيار ينبغي أن تكون كمعدل لمقطع عرضي مقداره 1 cm2 عمودي على اتجاه التيار.

3- ترددات تصل إلى 100 كيلو هرتز ،قيمة ذروة كثافة التيار يمكن الحصول عليها عن طريق ضرب قيمة متوسط الجذر التربيعي (√2) = 1.414) لنبضات فترتها tp من التردد المعادل الذي يطبق إلى المحددات الأساسية التي ينبغي أن يحسب كما f=(1/ 2tp).

4 - لترددات نبضية تصل إلى 100 كيلو هرتز للمجالات المغناطيسية ، والحد الأقصى لكثافة التيار المرتبطة بالنبضة والتي يمكن حسابها من ارتفاع /أو انخفاض الزمن والحد الأقصى لمعدل تغير كثافة الفيض المغناطيسي. كثافة التيار المستحث يمكن مقارنتها مع المحددات الأساسية المناسبة.

5- جميع قيم SAR يجب أن يأخذ معدلها في أي فترة مقدارها ٦ دقائق.

6- SAR الموقعة يأخذ معدل كتلتها عند أي 10 غرام من الأنسجة المتجاورة ؛ الحد الأقصى للمقدار SAR الذي نحصل علية ينبغي أن يكون مساويا للقيمة المقدرة للتعرض.

7- لنبضات فترتها tp فان التردد المعادل الذي يطبق للمحددات الأساسية ينبغي أن تحسب كما f=(1/ 2tp). وبالإضافة إلى ذلك التعرض للنبضات في مدى التردد

0.3 إلى 10 جيجا هرتز ، وإلى التعرض الموضعي للرأس ، وذلك من أجل الحد من أو تجنب الآثار السمعية الناجمة عن التوسع المرن الحراري ، يوصى بإضافة المحددات الأساسية. هو أن SAR لا ينبغي أن تتجاوز 10 مللي جول/ كغم للعاملين و 21 مللي جول/ كغم للجمهور كمعدل لكتلة 10غم من الأنسجة.

خواص التعرض	كثافة القدرة (W/m^2)
التعرض المهني	**50**
التعرض للجمهور	**10**

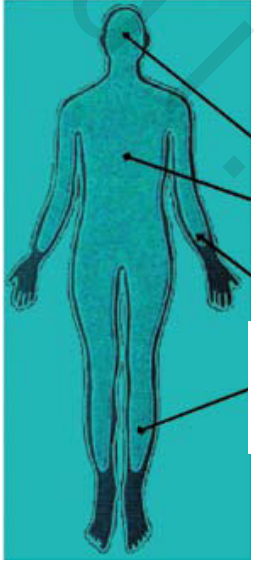
- ملاحظات

١. كثافة القدرة يأخذ معدلها إلى **50** سم^2 في أي منطقة للتعرض أو أي فترة زمنية مساوية $68/f^{1.05}$ (حيث f في جيجا هرتز) للتعويض عن أقصر عمق تغلغل تدريجي كلما زاد التردد.

٢. الحد الأقصى لكثافة القدرة المكانية ،(حيث f في جيجا هرتز)كمعدل لمساحة **1** سم^2 ، ولا ينبغي أن يزيد **20** مرة من القيم أعلاه.

ويوضح الشكل (2 – 1) المحددات التي أوصت بها الهيئة الدولية للإشعاع غير المؤين لكل من معدل للطاقة النوعية الممتصة SAR وكثافة القدرة S

الشكل (2 – 1) محددات ICNIRP لتعرض العاملين



للرأس والجذع = SAR
10 W/kg
لنسيج 10 غم

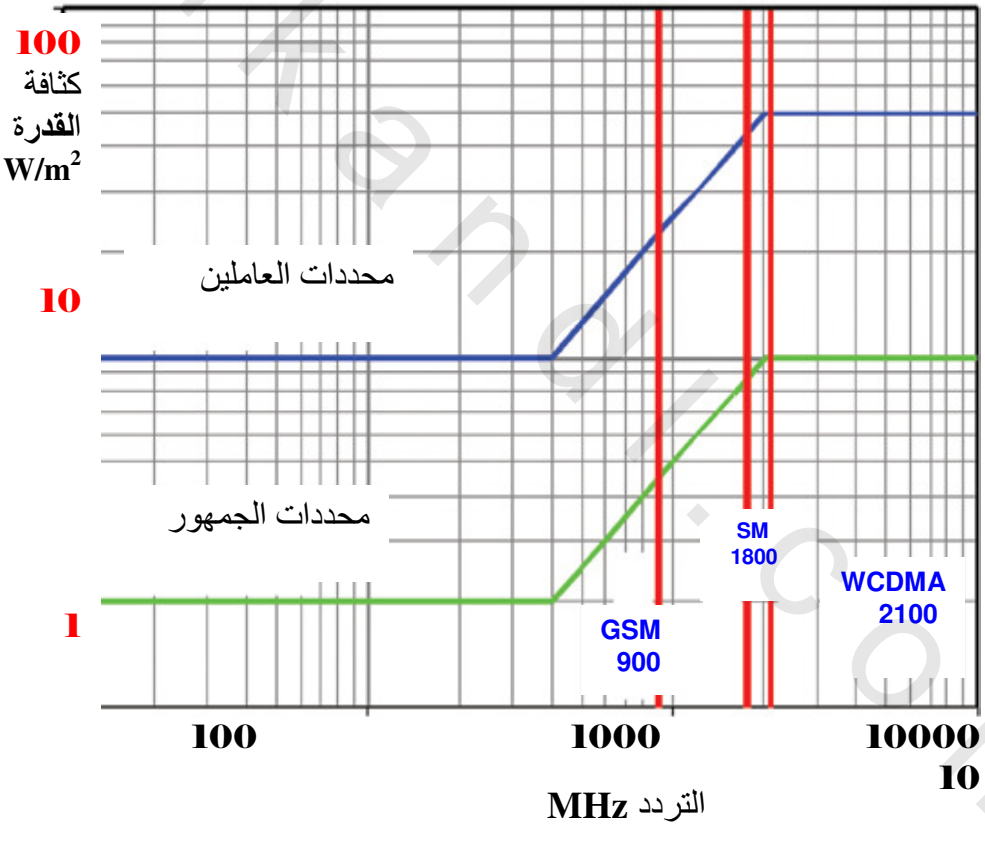
للأطراف SAR= 20
W/kg لنسيج 10 غم

لعموم الجسم
0.4 W/kg =SAR
كثافة القدرة
10 W/m^2 لتردد **10-400 MHz**
f/40 W/m^2 لتردد **400-2000 MHz**
50 W/m^2 **لتردد** 2-300 GHz
(f = التردد MHz

للتقييم العملي ، وباستخدام المراقبة الميدانية ،فان المستويات المرجعية ICNIRP تعتمد على التردد ،والتي تسمى كثافة القدرة (S) ، وشدة المجال الكهربائي (E) وشدة المجال المغناطيسي (H). المستويات المرجعية يمكن استخدامها لإظهار امتثالها مع حدود SAR.

في مديات التردد من 10 ميجاهرتز و 10 جيجا هرتز ، وحدود التعرض للموجات الكهرومغناطيسية تقاس بمعدل الامتصاص النوعي SAR والموضحة في الشكلين (2 – 2) و(2 – 3) و الجدول (2 -7) .

الشكل (2 – 2) محددات كثافة القدرة



ملاحظة :هذه المحددات تطبق لمعدل تعرض لفترة 6 دقيقة.

الشكل (2 – 3) الحدود المعيارية المشتقة للنوع GSM 1800)

obeikandl.com

جدول (2 -7) محددات SAR

نوع التعرض	محددات ICNIRP		
	معدلSAR لعموم الجسم	SAR الموضعي كمعدل على 10 غم من الأنسجة	
		للرأس والجذع	للأطراف
حدود تعرض العاملين	0.4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg
حدود تعرض الجمهور	0.08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg

ولكن تجاوز المستويات المرجعية لا يعني بالضرورة أن SAR تجاوزت الحدود المرجعية لمستويات كثافة القدرة.

يمكن تقليل الآثار البايولوجية للهاتف النقال باستخدام تقانة الحماية البايولوجية من المجالات الكهرومغناطيسية ، وهي تقنية تهدف إلى تقليل الآثار البايولوجية وبالتالي تقليل الآثار الصحية الناتجة من التعرض للمجالات االكهرومغناطيسية للهاتف النقال . الحماية البايولوجية هي تكنولوجيا تم تطويرها نتيجة لجهد بحثي كبير بتمويل من الجيش الأمريكي. وتتم الحماية البايولوجية من خلال تراكب (تداخل) المجالات االكهرومغناطيسية الطبيعية وهي المجالات الكهرومغناطيسية الطبيعية المماثلة للمجالات العشوائية (الضوضاء الكهرومغناطيسية) ،مع المجالات الكهرومغناطيسية الخطرة ذات الترددات العالية .

يتولد من التداخل موجات كهرومغناطيسية حول الخلايا البايولوجية تمنع حصول أي تغييرات على الكيمياء الحيوية للخلايا. يمكن توليد موجات الضوضاء وهي الموجات الكهرومغناطيسية ذات الترددات الواطئة **ELF** والتي تتراوح بين 60 50 – هرتز والتي تنبعث من دوائر ألهاتف أو خطوط نقل الطاقة الكهربائية.

يمكن توليد موجات الضوضاء بواسطة رقائق دقيقة مثبتة في بطاريات الهواتف الجوالة والتي تزيل الآثار البايولوجية الناجمة عن الموجات المايكروويه المنبئة من هوائي الهاتف .

هذه التقانة قد تم اختبارها بنجاح في خمس جامعات مختلفة أمريكية وكندية و دنماركية بشكل مستقل على النظم البايولوجية، و في جميع التجارب تبين إزالة المجالات الكهرومغناطيسية الخطرة حول الخلايا و القضاء على الآثار البايولوجية.المجالات الكهرومغناطيسية للحماية البايولوجية لن تتداخل على الإطلاق مع عمل أو مدى الهواتف الجوالة لان مجال الضوضاء المنبعث له تردد مختلف تماما عن تردد تشغيل الهاتف.

كذلك فان الرقاق في البطاريات لا تؤثر على التحدث وزمن الانتظار لان عملية توليدها لا يتطلب سوى نسبة ضئيلة (نحو 0.5 ٪) من طاقة البطاريات ولا تؤثر على الهواتف الأخرى أو الأجهزة الكهربائية . هذه التكنولوجيا تولد حماية بيولوجية ، للرأس والجزء العلوي من الجسم عندما يوضع الهاتف على ألأذن ، وعندما يوضع الهاتف في الحزام تتولد الحماية البايولوجية ، للورك ،نخاع العظم ، الأجهزة التناسلية، وغيرها من أجزاء الجسم الحيوية في هذه المنطقة. تكنولوجيا المجالات االكهرومغناطيسية للحماية البايولوجية لن تقضي على تدفئة النسيج الحي و إلازعاج المرتبطة بذلك. علما بان التأثير البيولوجي ليست بالضرورة أن يكون مرتبطا بالتدفئة. أي أن الحماية البايولوجية تزيل التأثيرات البايولوجية الأخرى والتي لا ترتبط بالتدفئة ،وكذلك سيتم القضاء على حث التوتر لبروتين الإجهاد. أي إن هذه الحماية تكون فعالة من التأثيرات غير المرتبطة بالحرارة. استعمال الحماية البايولوجية سوف يزيل الآثار البايولوجية التي لا ترتبط بالتدفئة.وعندما يشعر مستخدم الهاتف بالإزعاج نتيجة التدفئة الفعلية ، فيمكن الجمع بين الحماية البايولوجية والدروع أو سماعة الأذن.

2 – 5 المستويات المرجعية reference levels للموجات الراديوية

بسبب الصعوبات العملية في قياس أو حساب الجرعة الناتجة عن الإشعاعات غير المؤينه ففي هذه الحالة تستخدم المستويات المرجعية التي تعبر بشكل مباشر بكميات قابلة لقياس التعرض الخارجي (مثل كثافة القدرة ،شدة المجال الكهربائي أو شدة المجال المغناطيسي) .

هذه الإستراتيجية تكون محافظة. أي أن استخدام المستويات المرجعية يضمن في الواقع الامتثال للمحددات الأساسية ، نظرا لأن العلاقات بينها وضعت لتحقيق شروط أقصى قدر من الاقتران (التو اشج) بين المجالات الخارجية والشخص المعرض. وعلى الجانب الآخر ، فان تجاوز المستويات المرجعية لا يعني بالضرورة تجاوز المحددات لأساسية ؛وإذا حصلت هذه الحالة أو لم تحصل فينبغي أن نتأكد من خلال تحقيق مزيد من التقصي . الجدولين (2-8) و(2- ٩). يلخصان مستويات مرجعية للتعرض المهني ولتعرض للجمهور ، على التوالي ، والمستويات المرجعية موضحة في الشكلين (2 – 4) و(2 – 5). لذلك فان المستويات عبارة عن متوسط القيم على عموم الجسم للفرد المعرض، ولكن مع شرط أساسي هام وهو عدم تجاوز المحددات المفروضة للتعرض. لمجالات التردد المنخفض ، هناك عدة أساليب حسابية وطرق القياس قد طورت لوضع محددات المستويات المرجعية الأساسية .

توجد بعض الدول التي لا تستخدم المستويات المرجعية ICNIRP وإنما تضع قيم خاصة بها تنسجم وقوانينها الوطنية كما في الجدول (2- 10).

عمليات التبسيط التي استخدمت حتى الآن لم تأخذ بنظر الاعتبار بعض الظواهر مثل عدم انتظام التوزيع وتباين الخواص للايصالية الكهربائية وغيرها من عوامل الأنسجة ذات الأهمية بالنسبة لهذه الحسابات. اعتماد الترددات المرجعية على مستوى المجال تتطابق مع المعلومات عن الآثار البايولوجية واقتران هذا المجال. نماذج المجال المغناطيسي نفترض أن الجسم له ايصالية متجانسة ومتماثلة وتطبق

نماذج الحلقة الدائرية البسيطة للموصل لتقدير التيارات المستحثة في مختلف الأعضاء وأجهزة الجسم والمناطق ، مثال ، الرأس ، وذلك باستخدام المعادلة التالية لمجال منحنى عند تردده f يمكن اشتقاقه من قانون الحث لفاراداي

$$J = n R f \sigma B,$$

حيث أن B كثافة الفيض المغناطيسي

R هو نصف قطرها الحلقة للحث التيار.

جدول (2 -8) المستويات المرجعية للتعرض المهني للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن *

المدى (f) الترددي	المجال المغناطيسي (H) (A/m)	المجال الكهربائي E (V/m)	الفيض B المغناطيسي (μT)	كثافة (S_q) القدرة للموجات المستوية (W/m^2)
<1 Hz	163×10^3	—	2×10^5	—
1 - 8 Hz	$163 \times 10^3/f^2$	20,000		—
8 - 25 Hz	$2.0 \times 10^4/f$	20,000	$2.5 \times 10^4/f$	—
0.025 - 0.82 kHz	20/f	500/f	25/f	—
0.82 - 65 kHz	24.4	610	30.7	—
0.065 - 1 MHz	1.6/f	610	2.0/f	—
1 – 10 MHz	1.6/f	610/f	2.0/f	—
10 - 400 MHz	0.16	61	0.2	10
400 - 2,000 MHz	$0.008f^{1/2}$	$3f^{1/2}$	$0.01 f^{1/2}$	f/40
2 - 300 GHz	0.36	137	0.45	50

الملاحظات :

1 - f كما هو مبين في العمود لمديات التردد.

2 -على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ، ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.

3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ، $(\mathbf{S_q})$ ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.

4 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.

5 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز. كما في الشكلين 1و2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميجاهرتز ، وذروة القيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عند 100 كيلو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميجاهرتز. لترددات تزيد عن 10 ميجاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة ،تأخذ عند معدل خلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات $(\mathbf{S_q})$ ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.

6 - لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ، $\mathbf{S_q}$ ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل $68/f^{1.05}$ دقيقة (f يقاس في جيجا هرتز).

7 - لا توجد قيمة للمجال الكهربائي E للترددات ، 1 Hz ، وهي عبارة عن الكهربائية الساكنة. يكون معلوما بان للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث في مجال شدته أقل من 25 kV/m. التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه.

المستويات المرجعية الأساسية تم الحصول عليها من المحددات الأساسية بواسطة النماذج الرياضية والاستقراء من نتائج الفحوص المختبرية لترددات محددة. تعطى عند شرط الحد الأقصى لاقتران المجال و الفرد المتعرض ، وبالتالي توفير الحماية القصوى.

الجدول (2 -9) المستويات المرجعية لتعرض الجمهور للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن *

مدى التردد (f)	المجال المغناطيسي (H) (A/m)	المجال الكهربائي (E) (V/m)	الفيض المغناطيسي B (μT)	كثافة (S_q) القدرة للموجات المستوية (W/m^2)
اكبر من 1 Hz	3.2×10^4	—	4×10^4	—
1 - 8 Hz	$3.2 \times 10^4/f^2$	10,000	$4 \times 10^4/f^2$	—
8 - 25 Hz	4000 /f	10,000	5000/f	—
0.025–0.8 kHz	4/f	250/f	5/f	—
0.8–3 kHz	5	250/f	6.25	—
3–150 kHz	5	87	6.25	—
0.15–1 MHz	0.73/f	87	0.92/f	—
1–10 MHz	0.73/f	$87/f^{1/2}$	0.92/f	-
10–400 MHz	0.073	28	0.092	2
400–2,000 MHz	$0.0037f^{1/2}$	$1.375f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	f/200
2 - 300 GHz	0.16	61	0.20	10

الملاحظات :

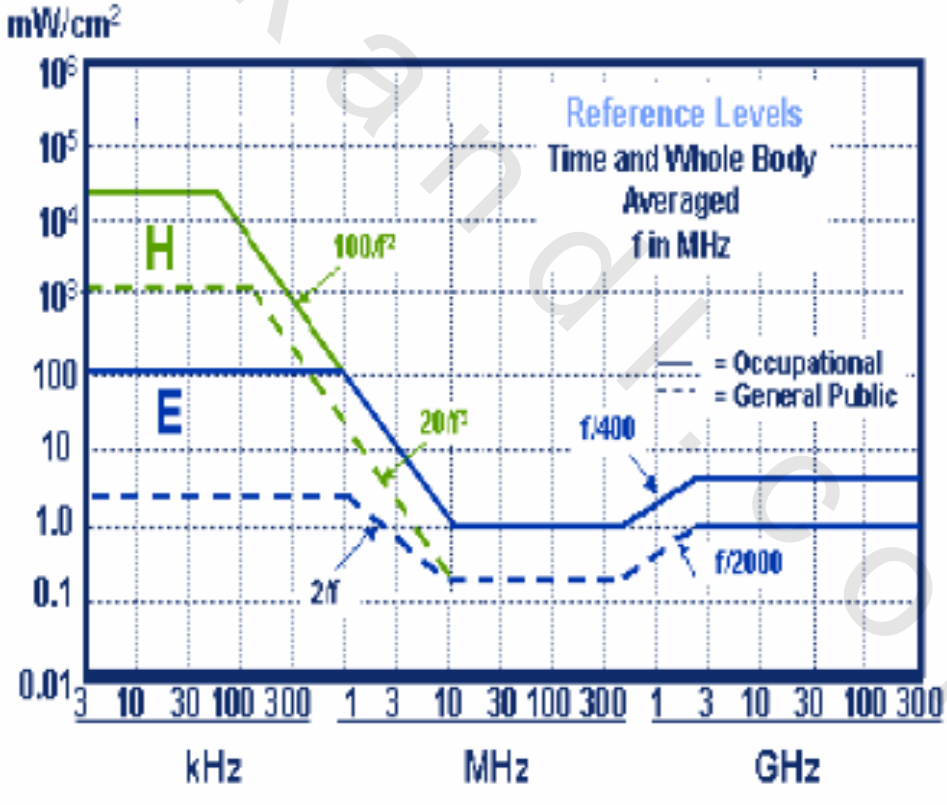
1 - F كما هو مبين في العمود لمديات التردد.

2 -على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ، ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.

3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ، (S_q) ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة من ٦ دقائق.

شكل (2 – 4)المستويات المرجعية للتعرض من المجال الكهربائي المتغير مع الزمن

– لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.

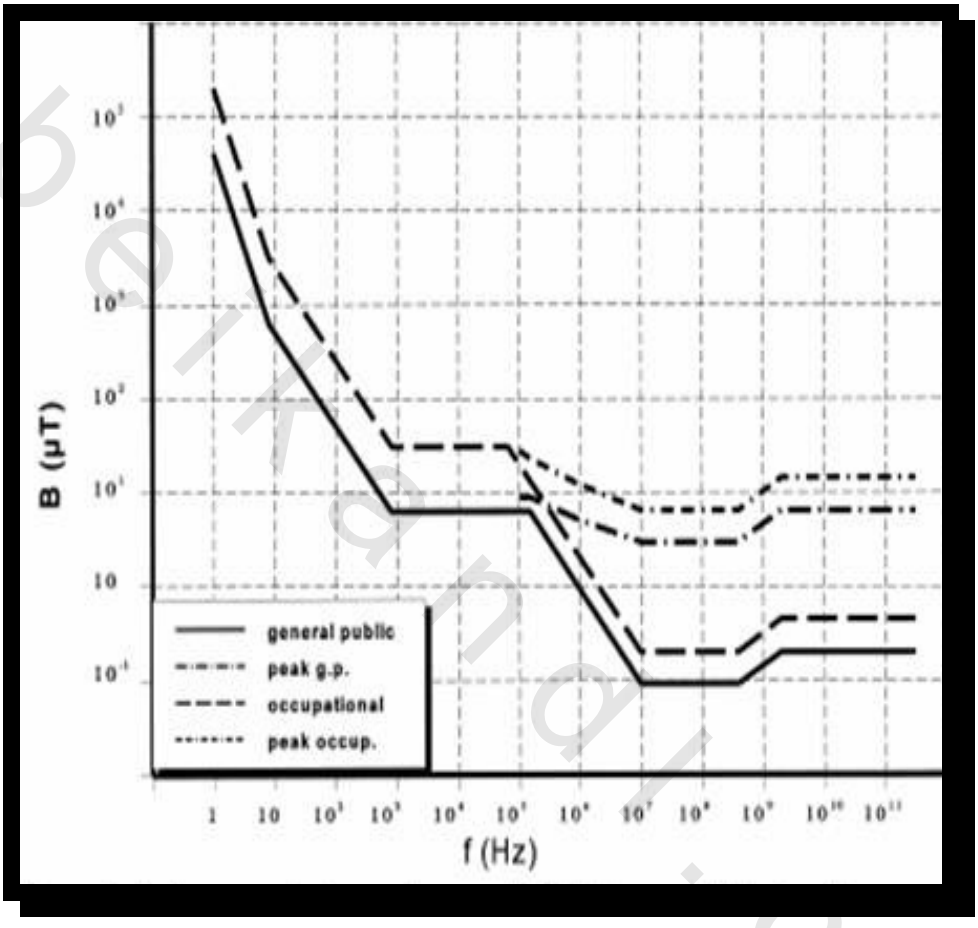


5 –لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز. كما في الشكلين 1 و2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميجاهرتز ، وذروة القيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عند 100 كيلو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميجاهرتز. لترددات تزيد عن 10 ميجاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة ،تأخذ عند معدل خلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات **(S_q)** ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.

6 – لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ، **S_q** ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل $1.05\ f/68$ دقيقة (f يقاس في جيجا هرتز).

7 – لا توجد قيمة للمجال الكهربائي E للترددات ، 1 Hz، وهي عبارة عن الكهربائية الساكنة. يكون معلوما بان للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث في مجال شدته أقل من 25 kV/m. التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه. النماذج ألأكثر تعقيدا تستخدم النموذج البيضوي لغرض تمثل الجذع أو عموم الجسم لتقدير كثافة التيار المستحث على سطح الجسم وللسهولة نفرض أن الموصلية متجانسة مقدارها 0.2 سيمنس\متر ، عند التردد 50 هرتز ،كثافة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا تولد كثافة تيار بين 0.2 و 2 ملي أمبير \ملم ^{2} في محيط الجسم . وفقا لتحليل آخر، عند التردد 60 هرتز ،كثافة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا تولد كثافة تيار 0.28 أمبير \ ملم ^{2} . والحسابات ألأكثر واقعية تقوم على النماذج التشريحية الكهربائية أدى إلى أن يكون الحد الأقصى لكثافة التيار تتجاوز 2 أمبير \ ملم ^{2} لكثافة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا وتردد 60 هرتز .ومع ذلك ، فإن وجود الخلايا البايولوجية يؤثر على التوزيع المكاني لنمط التيارات المستحثة والمجالات ، مما يؤدي إلى اختلافات جوهرية في كل من مقدار

الشكل (2- 5)المستويات المرجعية للتعرض من المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن



وأنماط تدفق التيار المستحث مقارنة مع تلك التي تم تقيمها باستخدام التحلـــيلات البسيطة

نماذج المجال الكهربائي يجب أن تأخذ في الاعتبار حقيقة أنـــه ، اعتمـــادا علـــى ظروف التعرض والحجم والشكل ، وموقع الجسم المتعرض من هذا المجال ،فـــان كثافة الشحنة يمكن أن تختلف اختلافا كبيرا ، مما أدى إلى توزيع متغيـــر وغيـــر متجانس للتيارات داخل الجسم .المجالات الكهربائية اللولبية عند ترددات تقل عـــن

10 ميجاهرتز ، فان مقدار كثافة التيار المستحث داخل الجسم يزداد مع زيادة التردد.

يتناسب توزيع كثافة التيار المستحث عكسيا مع المقطع العرضي للجسم والتي قد تكون مرتفعة نسبيا في الرقبة والكاحلين. عند مستوى تعرض 5 كيلو فولت \ ملم للجمهور ففي أسوء الأحوال فان كثافة التيار المستحث تصل حوالي 2ملي أمبير \م ^{2} في الرقبة والجذع من الجسم إذ كان متجه المجال موازيا لمحور الجسم ، ومع ذلك فان كثافة التيار المستحث عن 5 كيلو فولت \ متر سوف تتطابق مع المحددات الأساسية للتعرض في اسوء الحالات.

الجدول (2 -10) حدود المستويات المرجعية لبعض الدول

الدولة	الحدود عند تردد 900 MHz
استراليا	27.46 V/m
روسيا	6.14 V/m
الصين	3 V/m
السويد	4 V/m
بولندا **بلجيكا**	6.67 V/m 20.58 V/m
بلغاريا	6.14 V/m
سويسرا	3.88 V/m
تركيا	41,25 V/m

ولأغراض إظهار التطابق بين المحددات الأساسية المرجعية للمجالات الكهربائية و المغناطيسية يجب أن تأخذ كل على حدة وليس بإضافتها. بالنسبة للحالات الخاصة للتعرض المهني بترددات تصل إلى 100 كيلو هرتز ، والمجالات الكهربائية المشتقة قابلة للزيادة بعامل مقداره 2 في ظل الظروف التي تكون فيها الآثار الوخيمة غير المباشرة الناتجة عن اتصال الجسم مع مادة موصلة كهربائيا يمكن استبعادها عند ترددات اكبر من 10 ميجاهرتز ، يمكن الحصول على شدة المجال الكهربائي والمغناطيسي المشتق من المحددات الأساسية للطاقة النوعية الممتصة لعموم الجسم تم الحصول عليها من الطاقة النوعية الممتصة لعموم الجسم باستخدام البيانات الحسابية والتجريبية. في أسوأ الأحوال ، تصل طاقة للمزاوجة القصوى بين 20 ميجاهرتز ، وعدة مئات من ميجاهرتز. في هذا المدى من الترددات ، تصل المستويات المرجعية الحد الأدنى من القيم. المستويات المرجعية لشدة المجال المغناطيسي تم حسابها من شدة المجال الكهربائي عن طريق استخدام العلاقة بين E و H للمجال البعيد (E/H = 377 أوم). أما في المجال القريب ،فان منحنيات تردد الطاقة النوعية الممتصة لم تعد صالحة ، علاوة على ذلك فان مساهمات مركبات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي سينظر لها بشكل منفصل. ولقيم تقريبية محافظة ، فان مستويات التعرض للمجال يمكن استخدامها في تقيم المجال القريب لان اقتران الطاقة الكهربائية من مساهمات المجال الكهربائي و المغناطيسي لا يمكن أن تتجاوز المحددات المفروضة على الطاقة النوعية الممتصة لعموم الجسم . ولتقيم اقل تحفظا فان المستويات المرجعية لتعرض الجمهور قد تم الحصول عليها من التعرض المهني باستخدام العوامل المختلفة على كامل المدى الترددي. هذه العوامل قد اختيرت على أساس التأثيرات التي تعرف بمدى الترددات المختلفة وبصفة عامة ، من العوامل الأساسية لمتابعة المحددات على كامل المدى الترددي ،وقيمها وتتفق مع العلاقة الرياضية بين كميات المحددات الأساسية و المستويات المشتقة على النحو المبين أدناه :

- في المدى الترددي الذي يصل إلى 1 كيلو هرتز ، المستويات المرجعية لعموم الجمهور للمجال الكهربائي تصل نصف القيم المحددة للتعرض المهني. قيمة الجهد الكهربائي 10 كيلو فولت\ ملم عند التردد 50 هرتز أو 8.3 فولت\ ملم عند التردد 60 هرتز للتعرض المهني ويتضمن ما يكفي من هامش أمان للوقاية لمنع آثار التحفيز من التيارات الملامسة في جميع الظروف الممكنة. نصف هذه القيمة قد تم اختيارها كمستويات مرجعية لعامة الجمهور. مثل 5 كيلو فولت\ ملم لتردد 50 هرتز أو 4.2 كيلو فولت\ ملم لتردد 60 هرتز. في المدى الترددي 100 كيلو هرتز – 10 ميجاهرتز ، منع الآثار الوخيمة غير المباشرة لأكثر من90 ٪ من الأفراد المعرضين.
- عند الترددات المنخفضه وحتى المدى 100 كيلو هرتز فان المستويات المرجعية للمجال المغناطيسي لعامة الناس قد خفضت بعامل 5 عن القيم الموضوعة للتعرض المهني.
- في المدى الترددي 100 كيلو هرتز 10 ميجاهرتز ، فان المستويات المرجعية لمجال المغناطيسي للجمهور قد زادت مقارنة مع الادلة الارشادية الموضوعة عام 1988. في تلك الادلة الارشادية ، فان شدة المجال المغناطيسي المرجعية قد تم حسابها من القيم المرجعية لمستويات المجال الكهربائي باستخدام.
- الصيغة المتعلقة بشدة المجال الكهربائي E و المجال المغناطيسي H المجال البعيد .هذه المستويات المرجعية مستويات محافظة جدا ، لأن المجال المغناطيسي في ترددات تقل عن 10 ميجاهرتز لا تساهم مساهمة كبيرة في خطر الصعقات الكهربائية ، والحروق ،وأثار الشحنات السطحية أو التي تكون أساسا كبيرا للحد من التعرض المهني للمجالات الكهربائية عند تلك المديات.
- عند مدى الترددات العالية 10 ميجاهرتز – 10 جيجا هرتز ؛ المستويات المرجعية للجمهور للمجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية تكون أقل بواقع 2.2 من تلك التي وضعت للتعرض المهني. العامل 2.2 يقابل الجذر

التربيعى للعدد 5 ، وهو عامل الأمان بين حدود التعرض الأساسي المهني لتعرض للجمهور. الجذر التربيعي يستخدم لربط كميات شدة المجال و كثافة القدرة.

- في مدى الترددات 10– 300 جيجا هرتز ،فان المستويات المرجعية للجمهور ،يمكن تعريفها بواسطة كثافة القدرة، كما هو الحال في المحددات الأساسية والتي تقل بعامل مقداره 5 من محددات التعرض المهني .
- بالرغم من قلة المعلومات المتاحة عن العلاقة بين الآثار البايولوجية وذروة القيم للمجال النبضي ، لقد تم الاقتراح بأنة بالنسبة للترددات التي تزيد على 10 ميجاهرتز ، فان معدل المقدار S_{eq} خلال عرض النبضة ينبغي أن لا يتجاوز 1000 مرة من المستويات المرجعية أو أن شدة المجال ينبغي أن لا يتجاوز 32 مرة من شدة المجال للمستويات المرجعية الموضحة في الجدولين (2-8) و (2- 9) و الشكلين (2 – 4) و(2 – 5) لترددات بين نحو 0.3 جيجا هرتز ، وعدة جيجا هرتز ، ولتعرض موقعي للرأس ، من أجل الحد أو تجنب الآثار السمعية الناجمة عن المرونة الحرارية. تمدد الامتصاص النوعي الناتج من النبضات يجب أن يحدد. في هذا المدى من الترددات ، عتبة المقدار SA يساوي 4–16 مللي جول / كغم لتوليد هذا التأثير الذي يقابل نبضة زمنها 30 ملي ثانية ، أو لقيم ذروة SAR البالغة 520–130 واط /كغم في الدماغ. و بين الترددات 100 كيلو هرتز و 10 ميجاهرتز ، فان قيم الذروة لشدة المجال في الشكلين 1 و 2 تم الحصول عليها عن طريق الاستقراء interpolation من الذروة التي تساوي 1.5 ضعف عند التردد 100 كيلو هرتز إلى الذروة 32 ضعف عند التردد 10 ميجا هرتز.
- في الجدولين (2-8) و (2- 9) و الشكلين (2 – 4) و(2 – 5) نلاحظ أن هناك نقاط انقطاع لمختلف الترددات تحدث للعاملين والجمهور للمستويات المرجعية المشتقة. وهذا نتيجة للعوامل المختلفة المستخدمة لاشتقاق المستويات

المعيارية للجمهور ، في حين ينبغي الحفاظ على الاعتماد على التردد للعاملين والجمهور على حد سواء.

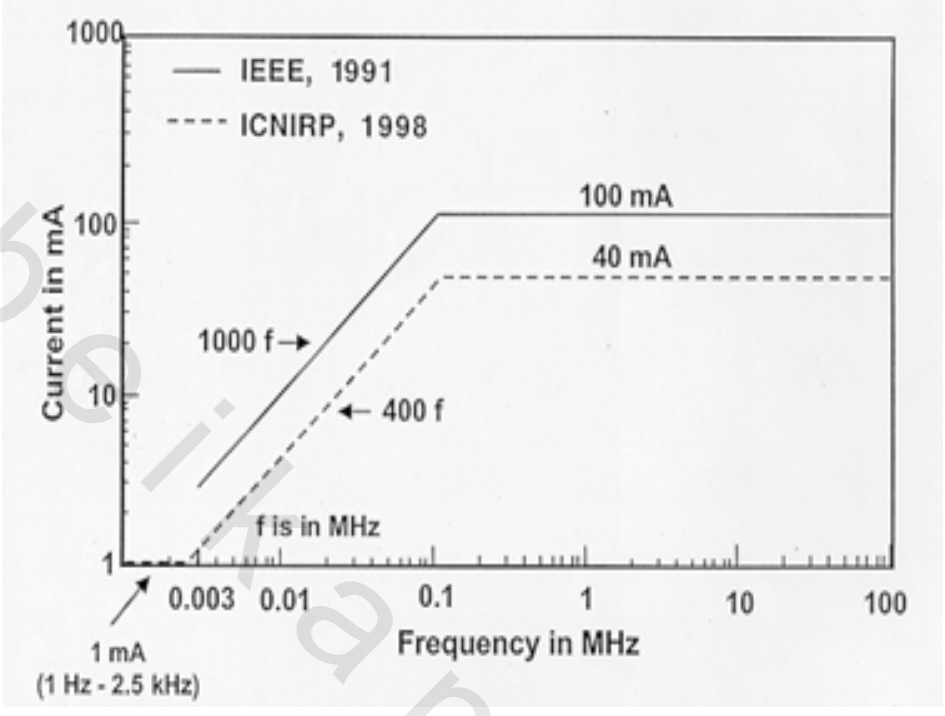
2 – 6 المستويات المرجعية للتيارات الملامسة والمحتثة

للترددات التي تصل إلى 110 ميجاهرتز ،و التي تضم حزم الترددات الراديوية المرسلة و المضمنة ترديا(FM) ، فان المستويات للتيارات الملامسة الموضحة أعلاه والتي يجب توخي الحذر منها لتجنب مخاطر الصدمة والحروق .النقطة المرجعية لمستويات الاتصال موضحة في الجدول (2- 11) والشكل (2- 6). حيث إن عتبة التيارات الملامسة لها استجابة بيولوجية في الأطفال والنساء البالغات تتراوح بين ما يقرب من نصف والثلثين ، على التوالي ، أما بالنسبة للرجال البالغين ، فإن المستويات المرجعية للتيارات الملامسة لعامة الناس تكون أقل بعامل 2 من قيم التعرض المهني للمدى الترددي 10-110 ميجاهرتز ، المستويات المرجعية لتيارات ألأطراف تكون اقل من المحددات المفروضة على SAR الموضعية كما في الجدول(2- 12)

الجدول (2 – 11) المستويات المرجعية للتيارات المتغيرة مع الزمن من المواد الموصلة

مدى الترددات	التيار الأعظم (ملي أمبير)	
	التعرض المهني	تعرض الجمهور
<2.5 kHz	1.0	0.5
2.5 - 100 kHz	0.4f	0.2/f
100 kHz - 110 MHz	40	20

شكل (2 – 6) القيمة العظمى للمستويات المرجعية للتيارات الملامسة للعاملين



الجدول (2 – 12) المستويات المرجعية للتيارات المستحثة في الإطراف

مدى الترددات	التيار الأعظم (ملي أمبير)	
	التعرض المهني	تعرض الجمهور
10 - 110 MHz	100	45

ملاحظة :

١. المستوى المرجعي مساو لمستوى المرجعية المهنية مقسوما على5 √.

٢. للامتثال للمحددات الأساسية للمقدار الموضعي ،يساوي مربع الجذر التربيعي لمعدل الزمن قيمة مربع التيار المستحث لأي فترة من ٦ دقائق من مقدار المستوى المرجعي.

من الصعب تحديد نوع وحجم الآثار الوخيمة للمجالات الكهرومغناطيسية EMF ، نظرا لعدم الدقة في المعلومات العلمية. مصادر عدم الدقة هذه تشمل التغيرات

الجوهرية في المعلومات البايولوجية ، الأخطاء التجريبية ، استقراء المعلومات من الحيوان إلى الإنسان ، والتحيز والإرباك. يتأثر انحراف المستويات المرجعية عن المحددات الأساسية كذلك بعدم الدقة في قياس الجرعات ، وتوصيف التعرض.

2 – 7 المستويات المرجعية في تكنولوجيا الهواتف الجوالة:

احد تطبيقات النهج الوقائي في تكنولوجيا الهواتف الجوالة هو وضع مبادئ توجيهية للتعرض من أشعاع الترددات الراديوية . النهج الذي اعتمد في إدارة المخاطر هو تحديد حدود التعرض أو المبادئ التوجيهية ، والتي دونها لا تحصل الآثار الضارة. أول المبادئ التوجيهية بشأن التعرض لإشعاع الترددات الراديوية وضعت في المملكة المتحدة من قبل المجلس الوطني للوقاية من الإشعاعات (NRPB)وتم قبولها وتنفيذها من قبل الإدارات الحكومية والوكالات.

تستند المبادئ التوجيهية بشأن إمكانية إشعاع الترددات الراديوية للتسبب بالمرض أو الإصابة من خلال تسخين أنسجة الجسم. في حين أن بعض البحوث اقترحت أن الآثار الصحية الضارة الناجمة عن التعرض قد تحدث عند قيم أقل من تلك المطلوبة لإنتاج تسخين أنسجة الجسم ، هذه الادله لا تعتبر متينة بما يكفي لتشكيل أساسا لاشتقاق المبادئ التوجيهية للتعرض. إرشادات التعرض الذي وضعه NRPB تتضمن القيود الأساسية حول معدل الامتصاص النوعي للطاقة (SAR). بالنسبة للهواتف الجوالة ، فان المحددات ذات الصلة هي للترددات بين 10 ميجاهرتز و 10 جيجاهرتز ، كما في الجدول (2 – 13). للتأكد من أن التعرض للفرد ضمن إطار المبادئ التوجيهية NRPB ، فمن الضروري أثبات أن أيا من المحددات الأساسية الأربعة لا يتم تجاوزها. معدل الامتصاص النوعي للطاقة (SAR) تم حساب معدلة خلال زمن التعرض معين وكتلة محددة من الأنسجة. متوسط الزمن يمكن تعينه بسبب الزمن الذي يستغرقه لرفع درجة حرارة الأنسجة عندما يتعرض الإنسان للإشعاع.

هذه القيود تنطبق على العاملين وأفراد الجمهور. وقد استند NRPB الي رأي مفاده أنها توفر حماية كافية ضد الآثار الضارة الحرارية للجميع الأفراد المعرضين و في كل الظروف. لان SAR لا يمكن أن تقاس بسهولة للإفراد الأحياء ،لذلك فان المبادئ التوجيهية التي وضعتها NRPB قد حددت مستويات التحقق أيضا investigation levels لشدة المجال الكهرومغناطيسي الخارجي ، التي عندها أو أقل منها تكون المحددات الأساسية والقيود المفروضة على الجسم كله لا يمكن أن تتجاوزSAR . إذا تم تجاوز مستوى التحقيق ، فينبغي التحقيق المفصل لتحديد وقياس SAR . بالنسبة للأطفال ، فيتم تطبيق تخفيضات إضافية في مستويات التحقيق لكامل الجسم ، لأنه عند ترددات راديوية معينة، صغيرة فان الأطفال يمتصون طاقة اكبر من المجالات االكهرومغناطيسية الخارجية ، مقارنة بالبالغين. ويبين الجدول (2 –14) مستويات التحقيق لنطاق الترددات التي تغطيها الهواتف الجوالة.

الجدول (2 - 13) المحددات الأساسية للتعرض التي وضعها المجلس الوطني للوقاية من الإشعاعات (NRPB) عند الترددات 10 ميجاهرتز إلى 10 جيجاهرتز

		المعدل	
النسيج	حدود SAR (واط /كغم)	الكتلة (غم)	الزمن (دقيقة)
عموم الجسم	0.4	–	15
الرأس ، الجنين	10	10	6
الرقبة ، الجذع	10	100	6
الأطراف	20	100	6

الجدول (2 -14) مستويات التحقيق التي وضعها NRPB للتعرض من ترددات الهاتف الجوال

(f) المدى الترددي	شدة المجال المغناطيسي(H) (A/m)	شدة المجال الكهربائي E (V/m)	كثافة القدرة (S_q) (W/m^2)
400 – 800	0.26	100	26
800 – 1550	0.33*f*	125*f*	$41f^2$
1550 – 3000	0.52	194	100

f التردد ميجاهرتز

مستويات التحقيق الثلاثة المبينة في الجدول (2 –14) يتعلق بعضها مع البعض الأخر (على فرض أن المجال في المنطقة البعيدة (far-field region). وللتحقق من الامتثال لهذه المستويات، يتم قياس المجال الكهربائي أو المجال المغناطيسي. للجيل الحالي من الهواتف الجوالة والمحطات القاعديه فان مستويات التحقق تجرى في مدى الترددات 800– 900 ميجاهرتز فتكون كثافة القدرة بين 26 إلى 33 واط /م^2 و في مدى الترددات 1800–1900 ميجاهرتز فان مستوى التحقق 100 واط /م^2 .

كما تم وضع المبادئ التوجيهية بشأن التعرض لإشعاع الترددات الراديوية من قبل ألجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) وهي مماثلة للمبادئ التوجيهية التي وضعها الهيئة الوطنية البريطانية للوقاية من الإشعاع NRPB والتي صممت لمنع المرض والضرر من أثار التسخين. نقطة البدء هي التغييرات السلوكية التي وجدت عندا تعرض حيوانات التجارب لإشعاع الترددات الراديوية في المستويات التي تؤدي إلى٠ ارتفاع درجة حرارة الجسم كله ما يزيد على درجة سليزية واحدة. عندما تصبح قيم بين1–4 واط / كجم أو أعلى وهي المطلوبة لحدوث هذه التغييرات (1 واط / كجم عندما تتعرض الحيوانات في ظروف ضارة من درجات الحرارة والرطوبة وحركة الهواء ، و 4 واط / كجم

تحت الظروف البيئية العادية). افترض (ICNIRP) بأنه لا يوجد دليل مؤكد عن أي تأثير من شأنه أن يضعف الصحة في مستويات واطئة من التعرض للإشـــعاع الترددات الراديوية .

المبادئ التوجيهية التي وضعها (ICNIRP)، على النقيض من المبادئ التوجيهية التي وضعها (NRPB)،لان الأولى وضعت المبادئ التوجيهية لعامة الناس اقل من التعرض المهني للعاملين. قيم التعرض المهني والحدود المفروضـــة علـــى SAR مساوية لتلك التي أوصى بها NRPB الجدول (2 –15) ، إلا أن متوسط الـــزمن ست دقائق معدل الكتلة 10 جرام والتي تطبق إلى قيم SAR الثلاثة في الجدول.

المبادئ التوجيهية لتعرض ألجمهور تكون أقل بخمس مرات مما للتعرض المهني والغرض من هذا الفرق يعود للأسباب التالية:

- التعرض لظروف بيئية قاسية مثل درجات الحرارة المرتفعـــة ،الرطوبـــة العالية ، وانخفاض حركة الهواء و زيادة العـــبء الحـــراري thermal burden من التعرض للأشعة المنبعثة من الترددات الراديوية.

الجدول (2 -15) **المحددات الأساسية التي وضعتها ICNIRP عن التعرض المهني وتعرض عامة الناس (بين قوسين) عند الترددات 10 ميجاهرتز إلى 10 جيجاهرتز**

		المعدل	
النسيج	**حدود SAR (واط /كغم)**	**الكتلة (غم)**	**الزمن (دقيقة)**
عموم الجسم	**0.4** (0.08)	–	6
الرأس ، الجذع	**10** (2)	**10**	**6**
الأطراف	**20** (4)	**10**	**6**

- الحساسية العالية للحرارة في مجموعات معينة من السكان مثل الضعفاء ، كبار السن ،الرضع ،الأطفال الصغار ، والأشخاص الذين يعـــانون مـــن الأمراض أو يتناولون الأدوية التي توازن تحمل الحرارة.

- العمال عادة ما يكونون من البالغين الأصحاء ويتعرضون في ظل ظروف مسيطر عليها ، وهم مدربون للوقاية من المخاطر المحتملة ، واتخاذ الاحتياطات المناسبة لتجنب التعرض غير المبرر. ولا يمكن لعامة الناس أن تتخذوا نفس الاحتياطات.
- العمال يتعرض فقط خلال ساعات العمل (8 ساعات في اليوم لمدة 5 أيام أي أن الزمن الكلي 40 ساعة). في حين يمكن أن يتعرض الجمهور لمدة 24 ساعة في اليوم الواحد (24 ساعة في اليوم لمدة 7 أيام أي أن الزمن الكلي 168 ساعة) أي أن التعرض الكلي لمدة أسبوع للجمهور يقرب من خمس مرات في ذلك العمال) ، ومن هنا وضع عامل سلامة إضافية لعامة الناس).
- عادة ما تعتبر الأطفال والرضع على أنهم أكثر حساسية للتعرض من العوامل ألفيزيائية والكيميائية أو البايولوجية. في الترددات ألأعلى ، يمتص الأطفال المزيد من الطاقة من المجالات الكهرومغناطيسية الخارجية ، مقارنة بالبالغين.

المبادئ التوجيهية مع المستويات المرجعية ألتي وضعتها ICNIRP مماثلة لمستويات التحقق ألتي وضعها NRPB ، وهذه تعكس أيضا العامل خمسة وهو الفرق بين الحدود الأساسية لتعرض للجمهور والتعرض المهني. بشكل عام وعند مدى الترددات المستخدمة في الهواتف الجوالة ،فان المستوى المرجعي للجمهور الذي وضعه ICNIRP أقل (من حيث كثافة الطاقة) من مستوى التحقق الذي وضعه NRPB بمعامل يتراوح ما بين 6.5 و 11. المستوى المرجعي للجمهور الذي وضعته ICNIRP للترددات المستخدمة في الهاتف الجوال موضحة في الجدول (2 – 16). المستويات المرجعية للاتصالات في الهاتف الجوال في مدى الترددات 800– 1000 ميجاهرتز تساوي 4 – 5 واط /م^2 وعند الترددات 1800– 1900 ميجاهرتز تساوي من 9 – 9.5 واط /م^2.

الجدول (2 - 16) المستوى المرجعي لتعرض ألجمهور الذي وضعته ICNIRP للترددات المستخدمة في الهاتف الجوال

(f) المدى الترددي	شدة المجال الكهربائي E(V/m)	شدة المجال المغناطيسي(H) (A/m)	كثافة القدرة(S_q) (W/m^2)
400 – 2000	$1.375f^{½}$	$0.0037f^{½}$	f / 200
2000 – 3000	61	0.16	10

f التردد ميجاهرتز

بعد المقارنة التفصيلية للمبادئ التوجيهية مع المستويات المرجعية التي وضعتها ICNIRP و NRPB وآثار ذلك على عملية تقييم المخاطر ، أصدر المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع التوصيات التالية:

- خلص المجلس إلى أن الحدود ألأساسية للتعرض المهني في المبادئ التوجيهية ألتي وضعتها ICNIRP لا تختلف بأي حال من الأحوال بشكل كبيرة من تلك التي سبق وأن أوصت بها NRPB وليس لها أي تأثير على المبادئ التوجيهية في المملكة المتحدة . لأفراد الجمهور .
- خفضت ICNIRP بعامل يصل إلى خمسة عند وضع الحدود الأساسية عبر مدى مجموعة الترددات التي تصل إلى 300 جيجاهيرتز. مع ذلك ، لا يتوفر دليل علمي يدعم التخفيض إلاضافية.

يعتقد المجلس بان التوصيات في المملكة المتحدة التي وضعتها NRPB بشأن الحد من التعرض لعامة الناس يوفر حماية كافية من الآثار المباشرة وغير المباشرة ، وأن أي فوائد صحية يمكن الحصول عليها من إجراء المزيد من التخفيضات في التعرض. لذلك لا يوجد أي مبرر علمي ، لتغيير المشورة التي وضعتها NRPB على حدود التعرض لأفراد الجمهور. هولا ، ولكن هناك عوامل أخرى قد تحتاج إلى أن تؤخذ في الاعتبار من قبل الحكومة في وضع المبادئ التوجيهية للتعرض لعموم الجمهور