الفصل السابع

التأثيرات الصحية للهاتف الجوال

obeikandl.com

7 – 1 المقدمه

الهواتف الجوالة هي اجهزة الجوالة ترسل وتستقبل الإشارات اللاسلكية من شبكة ثابتة ذات طاقة منخفضه، والمحطات القاعديه. وعادة ما تقع المحطات على أسطح المنازل والأبراج واعمدة الانارة. قوة الارسال تختلف باختلاف نوع الهاتف الخليوي ، نوع الشبكة وعلى مسافة الهاتف من المحطة الأساسية. حيث تزداد القدرة بشكل عام عند الابتعاد عن أقرب محطة قاعدية.الطاقة الكهرومغناطيسية اللاسلكية المنبعثة من الهواتف الجوالة والمحطات القاعديه هو نوع من الإشعاع غير المؤين. وهو مشابه لنوع من الطاقة المستخدمة في البث الإذاعي و البث التلفازي. وعلى عكس الأشعة المؤينه ، والطاقة التردد الراديوي المنبعث من الهواتف الجوالة والأجهزة اللاسلكية الأخرى لا يمكن كسر الروابط الكيميائية. وهذا يعني أنه من غير المرجح أن تسبب اضرارا في المود الجينية للجسم .

يتم امتصاص بعض من طاقة الترددات اللاسلكية المنبعثة من الهواتف الجوالة بجسم الانسان. وتعتمد كمية الطاقة الممتصة على عوامل كثيرة ، منها مدى قرب الهاتف من الجسم ،ومدى قوة الإشارة. وحتى الآن ، فان الادلة من اتجارب على الحيوانات ، وزراعة الخلايا والدراسات على الإنسان لا تدل على أن الطاقة المنبعثة من الهواتف الجوالة قوية بما يكفي لتتسبب في آثار صحية خطيرة. وأفاد بعض العلماء أن استخدام الهواتف الجوالة قد تسبب تغيرات في نشاط الدماغ ، في أوقات رد الفعل ، أو في الوقت الذي يستغرقه للنوم ، ولكن هذه النتائج غير مؤكدة حتى الآن. يتعرض الجمهور للترددات اللاسلكية من ابراج الهاتف الجوال بمستوى بمستوى أدنى بكثير من ذلك للهواتف الجوالة. تم تصميم الهواتف الجوالة لتعمل على الحد الأدنى للطاقة أللازمة للتواصل والحفاظ على جودة المكالمة. ونتيجة لذلك ، فإن كثافة طاقة الترددات الراديويوية المنبعثة من الهواتف الجوالة أقل بكثير من المستوى الذي من شأنه أن يسبب مخاوف صحية. ولتقليل

المخاطر من الهاتف الجوال اومحطاتة القاعديه فيمكن تقليل زمن المكالمة او استخدام السماعات التي تحافظ على الهاتف الخليوي بعيدا عن الرأس والجسم.

على الرغم من أن طاقة التردد الراديوي المنبعث من الهواتف الجوالة لا يشكل أية مخاطر صحية مؤكدة ، لكن استخدام الهواتف الجوالة ليست كلها خالية من المخاطر. وقد أظهرت الدراسات أن :

١ – استخدام الهواتف الجوالة أو الأجهزة اللاسلكية الأخرى يمكن يشتت التركيز . أثناء القيادة ، والمشي ، وركوب الدراجات ، أو القيام بأي نشاط آخر يتطلب التركيز على السلامة الشخصية.

٢ – وقد يؤدي يدي استخدام الهواتف الجوالة الى التداخل مع الأجهزة الطبية مثل أجهزة تنظيم ضربات القلب ، والسمع.

٣ – الهواتف الجوالة قد تتداخل مع غيرها من المعدات الالكترونه الحساسة ، مثل الطائرات والاتصالات ونظم الملاحة.

مصادر الترددات الراديوية (اللاسلكية) واسعة الانتشار في الوقت الحاضر في مجتمعنا ومن الأمثلة البارزة هي الاتصالات ، البث الإذاعي أو التطبيقات الطبية والصناعية. المعلومات المتاحة عن الانبعاث الناجم عن الترددات الراديوية يمكن استخدامها من أجل تقييم التعرض الفردي للأشخاص . نحتاج مثل المعلومات للدراسات الوبائية ، والتي تتطلب تحسين منهجية تقييم التعرض الفردي ، و تطوير مقاييس الجرعة الإشعاعية الموجودة.

توصف الترددات الراديوية بأنها إشعاع غير مؤين لان طاقته أقل بكثير من ملي إلكترون فولط وهي طاقة غير كافية لتأين الذرات أو الجزيئات. الطاقة اللازمة لإزالة إلكترون من ألذرة أو الجزيء هي بضع إلكترون فولت. فإذا كانت الطاقة أقل من 1 إلكترون فولط ، فأنة من المستحيل أن يحدث ألتأين ومع ذلك فان التردد

العالي من الإشعاع ، مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ، لها طاقة أكبر من 1 إلكترون فولط ، لذلك يمكنها بسهولة تأين الذرات والجزيئات ، وتوليد بعض الأضرار البايولوجية في الأنسجة حتى في شدات منخفضه للغاية. إن الشدة هي عبارة عدد ألكمات التي تسقط على الجسم في الثانية الواحدة ، ولكن حتى وإن كانت هذه الطاقة منخفضه ، فان كل من ألكمات لديه احتمال أن يقوم بالتأين ويسبب ضررا بيولوجيا بالغا على جزيئات الحامض النووي(DNA). الإشعاع الكهرومغناطيسي غير المؤين يعتقد أن غير ضارا إذا كانت شدته منخفضه للغاية ، على الرغم من أنه يمكن أن يسبب ضررا في شدات عالية. فعلى سبيل المثال ،فان الضوء ذات الشدة القليلة يمكن أن يولد أثار بيولوجية مفيدة والتي تتيح لنا رؤية الأجسام المضيئة. ومع ذلك ، إذا أصبحت شدة الضوء كبيرة جدا ، فيمكن أن تكون خطيرة وتسبب ضررا بيولوجيا على العين. الشدات العالية جدا لترددات الموجات الراديوية يمكن أيضا أن يكون ضارا كما هو واضح من آثار التسخين المتولد في فرن الميكروويف. لذلك فنحن بحاجة إلى معرفة في أي شدة يمكن للإشعاع أن يبدأ في إحداث الضرر .

بعض الناس يعبرون عن قلقهم عندما يعيشون ويعملون في مدارس او اماكن ، بالقرب من برج الهاتف الخليوي ويعتقدون بان ذلك يزيد من خطر الاصابة بالسرطان أو مشاكل صحية أخرى. في هذا الوقت الحالي ، وهناك أدلة قليلة جدا وغير مثبتة لدعم هذه الفكرة. من الناحية النظرية ، هناك بعض النقاط الهامة التي تؤكد بان أبراج الهاتف الخليوي غير قادرة على التسبب في الإصابة بالسرطان للاسباب التالية:

أولا ، مستوى الطاقة من الترددات الراديوية (اللاسلكية) موجات منخفضه نسبيا ، خاصة عند مقارنتها مع الإشعاعات المؤينه التي هي معروفة لزيادة خطر الاصابة بالسرطان ، مثل أشعة جاما ، والأشعة السينية. الطاقة من الموجات اللاسلكية المنبعثة من أبراج الهاتف النقال ليست كافية لكسر الروابط الكيميائية في

جزيئات الحامض النووي DNA. المسألة الثانية ، له علاقة مع الطول المـــوجي. حيث ان موجات الترددات اللاسلكية هي موجـــات طويلـــة ، والتـــي يمكـــن أن تتركزبمساحة لاتقل عن ٢ سنتمتر. وهذا يجعل من غير المرجح أن يمكن تركيـــز الطاقة من موجات الترددات اللاسلكية بما فيه الكفاية للتأثير على الخلايا الفرديـــة في الجسم.

ثالثا ، حتى لو كانت موجات الترددات اللاسلكية بطريقة أو بأخرى قادرة علـــى التأثير في خلايا الجسم في الجرعات العالية ، فان مســـتوى موجـــات التـــرددات اللاسلكية الحالية عند مستوى سطح الأرض منخفضه جدا (أقل بكثير من الحـــدود الموصى بها) . وقد وجد بان مستويات الطاقة من موجات التردد الراديوي بالقرب من أبراج الهاتف الخليوي لا تختلف كثيرا عن مستويات الخلفية للإشعاع الترددات اللاسلكية في المناطق الحضرية من مصادر أخرى ، مثل الراديو ومحطات البـــث التلفزيوني.

رابعا : وفقا لتقارير منظمة الصحة العالمية فانة لاتوجد براهين موكدةعلى وجود تاثيرات صحية قصيرة او طويلة الاجل تحدث من التعرض للموجات االكهرومغناطيسية المنبعثة من ابراج ألهاتف الجوال

تقسم الترددات االكهرومغناطيسية غالبا إلى أربعة أقسام وفقا لمدى للتردد وهي :

- للكهربائية الساكنة ذات التـــردد(0 Hz) وفيهـــا يكـــون التـــأثير للمجـــال المغناطيسي
- الترددات المنخفضه للغاية والتي يتراوح ترددها بين (0 Hz - 300Hz)
- الترددات المتوسطة والتي يتراوح ترددها بين (300 Hz - 100 kHz)
- الترددات الراديوية العالية والتي يتراوح ترددها بـــين (100 kHz - 300 GHz) . الجدول (7- 1).

من المسلم به أن هناك آليات حياتية يمكن أن تؤدي إلى الآثار الصحية نتيجة التعرض للمجالات االكهرومغناطيسية القوية. ،فمثلا للترددات التي تصل إلى ١٠٠ كيلو هرتز فان ألآلية هو تحفيز خلايا الأعصاب والعضلات بسبب التيارات المحتثة ، وبالنسبة للترددات ألأعلى ، فان تسخين الأنسجة هي الآلية الرئيسية. هذه الآليات يمكن أن يؤدي إلى آثار حادة إذا تجاوز التعرض الادله االارشادية الصادرة عن الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه ICNIRP. الاهتمام الحالي ينصب في احتمال حدوث الآثار الصحية عند التعرض لمستويات أقل ولكن يكون التعرض على المدى الطويل.

البحوث ذات الصلة لتقييم المخاطر الصحية الناتجة عن المجالات الكهرومغناطيسية يمكن تقسيمها إلى قطاعات واسعة مثل الدراسات الوبائية ،الدراسات التجريبية على الإنسان ، الدراسات التجريبية على الحيوانات ، الدراسات على زراعة الخلية، الدراسات حول الآليات البايولوجية والفيزيائية ، قياس الجرعات ، و تقييم التعرض .

الجدول (7- 1) مصادر الترددات االكهرومغناطيسية .

الموجات كهرومغناطيسية	الترددات	أمثلة لمصادر التعرض
الكهربائية الساكنة	0 Hz	احهزة التصوير بالرنين المغناطيسي للتشخيص الطبي ، بعض الأجهزة العلمية وأجهزة لحام
الترددات الكهرومغناطيسية المنخفضه	0-300 Hz	خطوط نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية والمحركات الكهربائية في السيارات والقطارات .

الترددات االكهرومغناطيسية المتوسطة	**300 Hz – 100 kHz**	**أجهزة مكافحة سرقة المحال التجارية ، نظم المراقبة ، وقارئ البطاقات وأجهزة الكشف عن المعادن .**
الترددات الراديوية العالية	**100 kHz – 300 GHz**	**الهاتف الجوال ؛ الإذاعة والتلفاز ؛ أفران الميكروويف؛ الرادار ، أجهزة الإرسال والاستقبال الراديوية الحرارية والثابتة .**

تقييم المخاطر الصحية المرتبطة بتقييم الادله لكل قطاع من هذه القطاعات ومن ثم جمع الادله من جميع القطاعات لتقييمها مجتمعة. هذا التقييم المشترك ينبغي أن يتصدى لمسألة وجود أو عدم وجود مخاطر صحية ، في حال وجود علاقة سببية بين التعرض وبعض التأثيرات الضارة بالصحة. الإجابة على هذا السؤال ليست بالضرورة نهائية بنعم أو لا ، ولكن قد يوضح الادله على وجود الخطر. عند تقييم المخاطر ينبغي التصدي لحجم وتأثير شكل دالة الجرعة والاستجابة ، أي أن حجم التعرض للمخاطر المختلفة يعتمد على مستويات وأنماط التعرض. تقييم المخاطر بشكل تام يتضمن توصيف التعرض للسكان وتقدير تأثير التعرض. الدراسات الوبائية والتجريبية تخضع لمعاملة مماثلة في عملية التقييم، فإنه من الأهمية تقييم الدراسات الإيجابية والسلبية ، أي ، الدراسات التي تشير إلى أن المجالات االكهرومغناطيسية لها تأثير سلبي والدراسات التي لا تشير إلى وجود مثل هذه التأثيرات .

بدأ استخدام الهواتف الجوالة على نطاق واسع في دول العالم خلال التسعينات من القرن الماضي والهاتف الجوال جهاز أحادي القناة ثنائي العمل (إرسال واستقبال) واطئ القدرة. ويتم إلارسال والاستقبال خلال المحطات القاعديه وهي محطات ثنائية العمل متعددة القنوات وواطئة القدرة ، ولان طاقة التردد الصادرة عن هذه المحطات واطئة جدا (ذات مدى قليل نسبيا)، فمن المستبعد إحداث مخاطر

صحية طالما أن الجمهور بعيد عن الاتصال المباشر بالهوائيات . من الأهمية بمكان أن نعرف الفرق بين الهوائيات (الأجهزة التي تنتج الترددات الراديوية) ، والأبراج أو السواري أو الهياكل التي توضع عليها الهوائيات. حيث أن الناس يجب عليهم عدم التقرب من الهوائي ، وليس الهياكل التي تحمل الهوائي. قد تكون هناك بعض الأسباب التي تدعو إلى القلق على صحة الإنسان من ناحية الهواتف الجوالة هذه المخاوف موجودة لأن هوائيات الهواتف الجوالة باليد تولد الكثير من طاقة الترددات اللاسلكية على مساحة صغيرة جدا من جسم المستخدم. أما هوائيات المحطات القاعديه فإنها لا تولد الكثير من طاقة الترددات اللاسلكية في موقع محدد من الجسم (إلا عند الوقوف أمامه مباشرة) ، وبالتالي فإن قضايا السلامة المحتملة المتعلقة بالهواتف ليس لها تطبيق حقيقي لهوائيات المحطة القاعديه.

تحصل تأثيرات الإشعاع الصادر من الترددات الراديوية عند امتصاص طاقة إشعاع ، وهو إشعاع غير مؤين تختلف تأثيراته البايولوجية عن تأثيرات الإشعاع المؤين الصادر عن الأشعة السينية وأشعة جاما والتي لها طاقة كافية لكسر الأواصر الكيماوية (تأين) حيث تعمل على تدمير المادة الجينية للخلايا ومن المحتمل أن يحدث تأثيرات سرطانية . الترددات الواطئة المستخدمة في الهواتف الجوالة ومحطاتها الارضيه التي تقع ضمن المدى (800 – 2200) ميجاهرتز، تكون طاقة الإشعاع غير كافية لكسر الأواصر الكيماوية ، فعليه لا يوجد تشابه بين التأثيرات البايولوجية الناتجة عن الإشعاع المؤين وغير المؤين.

جزء من الموجات الراديوية المنبعثة من الهاتف الجوال يمتصها رأس الإنسان. القدرة العظمى للموجات الراديوية المنبعثة من الهواتف ذات النظام العالمي GSM تساوي 2 واط ، و للهواتف التناظرية في أمريكا 3.6 واط. التكنولوجيات الرقمية الحديثة للهاتف الحرارية مثل نظام CDMA2000 و D-AMPS لها قدرة عظمى قليلة أقل من 1 واط. شرعت الهيئات التنظيمية في معظم بلدان العالم لوضع قيم مرجعية للحد الأقصى للقدرة المنبعثة من الهاتف الجوال. في معظم

أنظمة الهاتف الجوال والمحطات القاعديه تتأكد من جودة الاستقبال ، شدة الإشارة ،و مستوى القدرة داخل أو خارج المباني. معدل امتصاص الإشعاع في جسم الإنسان يقاس بمعدل الامتصاص النوعي (SAR) ، ومستوياتها القصوى حددت من قبل الوكالات الحكومية في العديد من البلدان، ففي الولايات المتحدة قيمة SAR 1.6 واط / كجم لحجم معين لنسيج كتلته حوالي 1 جرام ، وعلى الرأس. وفي أوروبا فان الحد الأقصى هو 2 واط / كجم ، لمعل حجم معين لنسيج كتلته حوالي 10 جرام من نسيج الجسم. قيم SAR تعتمد اعتمادا كبيرا على متوسط مساحة الحجم المعرض، لذلك فان المعلومات حول متوسط الحجم مهمة جدا للمقارنات بين قياسات مختلفة، حيث ينبغي مقارنة أنسجة كتلتها 10 جرام في المعيار الأوروبي فيما بينها ، و مقارنة نسيج كتلته حوالي 1 جرام في المعيار الأميركي فيما بينها. البيانات لمقدار SAR لبعض الهواتف الجوالة مع بعض المعلومات المفيدة الأخرى ، يمكن الاطلاع بشكل مباشر على مواقع الشركات المصنعة .العديد من الدراسات العلمية حول الآثار الصحية المحتملة من إشعاعات الهاتف الجوال تم استعراضها من قبل بعض اللجان العلمية لتقييم المخاطر بشكل عام. صدر في عام 2007 تقييم حديث من قبل المفوضية الأوروبية لتحديد المخاطر الصحية (SCENIHR) أوضحت بان البحوث المتاحة حول الهاتف الجوال لم تظهر تأثير ملموس على صحة الإنسان عند التعرض لمستويات طبيعية من ترددات الهاتف الجوال. الدراسات التي تم استعراضها أوضحت بأن التعرض للإشعاع العادي للهاتف الجوال لم يسبب الصداع ، الدوار ، سرطان الدماغ ، آثار عصبية ، أو تأثيرات على الجهاز التناسلي.وهناك دراسات قليلة تشير أن التعرض لموجات الهاتف الجوال قد تسبب أورام حميد في العصب السمعي. مع ذلك هناك حاجة إلى المزيد من الدراسات حول الآثار الصحية المحتملة على الأطفال.

7 – 2 الدراسات والبحوث العلمية

تقييم المخاطر الصحية الناجمة عن التعرض لمجالات الموجات اللاسلكية يعتمد على نتائج الدراسات العلمية الرصينة والقابلة للتكرار ، وان الحاجة كبيرة لمثل هذه الدراسات للتأكد من أن تأثير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية من الهاتف قليلة. تقارير مثل هذه الدراسات موجودة في المجلات العلمية ، على الرغم من أن الخبراء يبحثون في الادله من جميع مصادر المعلومات المتوفرة لديهم.

منظمة الصحة العالمية تعرف الصحة بأنها حالة من اكتمال السلامة بدنيا وعقليا والرفاه الاجتماعي ، وليس مجرد غياب المرض أو العجز. وبالتالي فإن فريق الخبراء يبحثون في المخاطر التي توثر بها الهواتف الجوالة والمحطات القاعديه على صحة الإنسان.أعرب مجموعة من العلماء اجتمعوا في فيينا في تشرين الأول عام 1998 عن ألمخاوف بشأن الآثار البايولوجية والمخاطر الصحية المحتملة من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية .

تقييم المخاطر يعتمد بشكل عام على البيانات التجريبية من النظم البايولوجية ، ألنظر في الآليات الممكنة لتقييم المخاطر ذات الصلة مهمة، لسببين:

ألأول ، إن البيانات التجريبية بشأن الآثار البايولوجية للمجالات الكهرومغناطيسية هي مجتزأة ومتناقضة في كثير من الأحيان ، وفهم آلاليات الحياتية عن الآثار البايولوجية يمكن أن تساعد على ترشيد وفهم البيانات.

وثانيا ، من الضروري استقراء البيانات من شروط تعرض واحد إلى الحالات الأخرى ، والاستقراء يمكن الاعتماد عليه عند فهم الآليات التعرض.

المجالات الكهربائية والمغناطيسية التي تتولد في الجسم بواسطة مصدر كهرومغناطيسي قريب قد يسبب تأثيرات بيولوجية حراريه وغير حراريه على حد سواء. آثار المجالات المغناطيسية تعتمد على ألتردد ، وربما تكون أكبر في الأنسجة البايولوجية التي تحتوي على كميات صغيرة من أكاسيد الحديد (Fe_3O_4) magnetite وهي مواد فيرو مغناطيسية تتصرف في المجالات المغناطيسية مثل

الحديد . أكاسيد الحديد موجودة في أنواع معينة من البكتيريا وفي خلايا الكثير من الحيوانات ، بما فيها الإنسان وبعض أنواع الطيور والأسماك والتي توفر حساسية مغناطيسية ، تستخدم في الملاحة. ومع ذلك ، لا توجد أثار أخرى مرتبطة بتفاعل المجالات االكهرومغناطيسية مع أكاسيد الحديد في الحيوانات. أوضحت الحسابات بأن التفاعل الناتج عن الترددات اللاسلكية العالية مع المجالات المغناطيسية التي تولدها الهواتف الجوالة هي صغيرة للغاية ، وبأن أي آثار أخرى للمجالات المغناطيسية على هذه الترددات ينبغي أن يكون أقل. يبدو أن المتفق عليه عموما أن التأثيرات البايولوجية من الهواتف الجوالة ناتجة عن المجالات الكهربائية بدلا من المجالات المغناطيسية .

7 – 3 التأثيرات غير الضارة

أدرجت نتائج مئات من الدراسات والبحوث حول استخدم موجات الهاتف الجوال على وجه التحديد في قاعدة بيانات بحوث منظمة الصحة العالمية (WHO) على الانترنت، الغالبية العظمى من هذه الدراسات لم تشر إلى أي آثار صحية ضارة مرتبطة بالهواتف الجوالة. عدد كبير من الخبراء والسلطات الصحية استعرضت جميع البحوث المتاحة ، وقد لخصت منظمة الصحة العالمية هذه التأثيرات " استنادا إلى الدراسات المتعمقة في السنوات الأخيرة فقد وضحت منظمة الصحة العالمية إلى أن الادله الحالية لا تؤكد وجود أضرار صحية ناجمة عن التعرض لمستويات منخفضه من مجالات الترددات الراديوية للهواتف الحرارية أو المحطات القاعديه ". وفي مجال الآثار البايولوجية والتطبيقات الطبية للإشعاع غير المؤين فقد نشر ما يقرب من 25000 بحث ومقالة على مدى الثلاثون سنة الماضية. وعلى الرغم من ذلك فان إجراء المزيد من البحوث الإضافية سيكون مفيدا لزيادة المعرفة ولضمان أفضل تقييم ممكن عن المخاطر الصحية في هذا المجال.

لقد تبنت منظمة الصحة العالمية المشروع الدولي للمجالات الكهرومغناطيسية ، والذي من أهم أهدافه إجراء المزيد من البحوث قبل إعطاء صورة واضحة عن التأثيرات الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية .

وبالمقابل فان بعض الباحثين أكدوا بأن التعرض للتردد الراديوية ، وحتى عند مستويات أدنى من المبادئ التوجيهية العالمية ، لا يولد اثأر ضارة بالصحة ، وبأن الفجوة في المعرفة كافية لتبرير الوقاية من الإشعاعات غير المؤينه. لذلك أوصت بعض الهيئات الدولية إتباع النهج الوقائي ، والتي ينبغي اعتماده حتى التوصل إلى معلومات علمية متينة وأكثر تفصيلا عن أي آثار صحية من خلال إجراء مزيد من البحوث . قامت مجموعة من الخبراء المستقلين في بريطانيا عام 2000 بقيادة السير وليام ستيوارت للتحقق من الآثار الصحية المحتملة الناجمة عن تكنولوجيا الهاتف الجوال بما في ذلك المحطات القاعديه. اطلعت المجموعة على البحوث التي أجريت مؤخرا وأدلة العلماء ، واستمعت إلى آراء الجمهور في اجتماعات مفتوحة في جميع أنحاء المملكة المتحدة. وتوصلت إلى أن الادله المتجمعة في ذلك الوقت تشير إلى أنه لا يوجد خطر كبير على الصحة العامة للناس الذين يعيشون بالقرب من محطات القاعدة أو اللذين يستخدمون الهاتف الجوال ، على افتراض أن التعرض المتوقع يكون جزء صغير من قيم المبادئ التوجيهية.كذلك فان الثغرات في المعارف العلمية قاد فريق البحث أن يوصي باتخاذ تدابير وقائية عند استخدام الهواتف الجوالة أو العيش قرب المحطات القاعديه حتى توفر مزيد من البحوث.

7 – **4** التأثيرات الحرارية Thermal Effects

فرن الميكروويف هو أحد الأجهزة المعروفة جيدا التي يعتمد عملها على ظاهرة التسخين بواسطة الترددات الرديوية (ذات الطول ألموجي القصير جدا والتردد

العالي). أساس عمل هذا الجهاز هو عملية تسخين المواد العازلة (مثل الأنسجة الحية) نتيجة لدوران الجزيئات القطبية الناجمة عن المجال الكهرومغناطيسي.
التأثيرات الحرارية هي تلك التأثيرات ألتي تنجم عن ارتفاع درجة الحرارة نتيجة الطاقة الممتصة من المجالات الكهربائية المهتزة. القوة التي ينتجها المجال الكهربائي على الأجسام المشحونة ، مثل الأيونات المتنقلة الموجودة في جسم الإنسان، تسبب حركة الأيونات تولد تيارات كهربائية دوامة تتدفق في المقاومة الكهربائية للمواد ويتولد عنها التسخين. هذا التسخين يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة الجسم بشكل مستمر، حتى تكون الحرارة المتولدة في حالة اتزان مع معدل الحرارة التي تزال نتيجة لدورة الدم من وإلى أجزاء أخرى من الجسم. يقدر الزمن المستغرق لذلك بعدة دقائق من لحظة التعرض للأشعة المنبعثة من المجالات االكهرومغناطيسية وحتى وصول درجات حرارة الجسم إلى التوازن النهائي. في ضوء هذه الاستجابة البطيئة ،فان توازن درجة الحرارة الناجمة عن المجال النبضي للاتصالات المتنقلة سوف تحددها معدل الامتصاص النوعي.
لم يثبت إمكانية قياس هذه التغيرات الطفيفة في درجات الحرارة بصورة مباشرة ، فيما عدا تلك التي تحصل على الجلد الخارجي ، درجة الحرارة تعتبر عاملا مباشرة لتحديد الأضرار الحرارية على الأنسجة ، أغلب الدراسات النظرية في الوقت الحاضر اقتصرت على حساب SAR وحدها .العلاقة بين SAR وارتفاع درجة الحرارة علاقة معقدة ، تعتمد اعتمادا كبيرا على شكل ونوع الهوائي ومكانه والتردد المستخدم. أكثر التعقيد لحساب درجة الحرارة يتمثل بنمذجة تأثير تدفق الدم على نقل الحرارة.
في دراسة نشرت مؤخرا لكمية الحرارة المترسبة داخل الرأس من هوائي ثنائي القطب عند التردد 915 ميجاهرتز وبلغ متوسط القدرة الخارجة منه 0.25 واط (أي ما يعادل القدرة التي يؤثر بها الهاتف الجوال التقليدي) والتي تم حسابها بواسطة نموذج زمن الفرق المحدد finite difference للمقدار SAR مع النموذج

الحراري الجديد . النموذج الحراري يشمل تأثير حمل الأوعية الدموية ، التي حددت تشريحا باستخدام الرنين المغناطيسي لتصوير الأوعية لمتطوعين أصحاء ، وكانت نتائج هذه الدراسة بان مقدار SAR حوالي 1.6 واط / كجم ، والحد أقصى لارتفاع درجة حرارة الدماغ بلغت 0.11 درجة سليزية في الحالة المستقرة. هناك اتفاق عام في حساب درجات الحرارة في الدماغ باستخدام معادلة بينس Pennes والتي استخدمت النموذج الجديد لتدفق الدم في ألأوعية الدموية ، بأنها نتائج غير حاسمة. ومع ذلك ، ينبغي القيام بمزيد من العمل لتطبيق هذا النموذج على محاكاة أكثر واقعية لمكونات ألهاتف الجوال ، والتحقيق في تأثير اتجاهات مختلفة للهوائي والترددات (لاسيما عند التردد 1800 ميجاهرتز المستخدم في الهواتف الجوالة).

هناك محددات دولية لتعرض العاملين والجمهور لترددات الإشعاع غير المؤين الناتج عن هوائيات المحطات الارضيه والهاتف . يمكن أن يكون التعرض خطيرا إذا كانت الطاقة عالية وقد تشمل الإضرار المحتملة (عتمة العين ، حروق في الجلد ، إجهاد حراري) وهذه الإضرار تعتمد على معدل امتصاص الطاقة وضمن مدى واسع من الترددات، وتتناسب التأثيرات البايولوجية تناسبا طرديا مع ارتفاع درجة الحرارة ويعتمد على معدل الطاقة الممتصة . يمكن للترددات الكهرومغناطيسية أن تخترق أنسجة الجسم حسب طاقتها فتولد حرارة عادة ما يستطيع الجسم التعامل معها و تبديدها لكن الهاتف الجوال يصدر إشعاعات ذات طاقة ضئيلة جدا بحيث أن الزيادة الموضعية في حرارة المنطقة الملامسة للجوال قلما تؤثر على درجة حرارة الجسم الكلية. عند أستخدم الهاتف الجوال ، فان تأثير التسخين يكون على سطح الرأس ، مما يؤدى إلى زيادة درجة الحرارة بمقدار جزء من الدرجة. في هذه الحالة ، يكون مستوى الارتفاع في درجة الحرارة هو أقل من تلك الحرارة التي تحصل خلال التعرض المباشرة لأشعة الشمس. الدورة الدموية للدماغ قادرة على التخلص من الحرارة الزائدة عن طريق زيادة تدفق الدم ، ولكن قرنية العين

ليس لديها هذه الخاصية . فقد وضحت احد الدراسات بان تعرض عيون الأرانب لأشعة الموجات الراديوية لمدة 2-3 ساعات قد أدي إلى إعتام عدسة العين- ألماء الأبيض (Cataract) عند معدل (SAR) يبلغ 100-140 واط / كغم، والتي رفعت درجة حرارة عدسة العين إلي 41 ° C.لكن إعتام عدسة العين المبكر لا يصاحب استخدام الهواتف الجوالة بسبب أن طاقة البث واستقبال قليله.

من المعروف جيدا أن التعرض المفرط للترددات اللاسلكية ذات الطاقة العالية قد تكون خطرة بسبب التسخين المفرط للنسيج. المخاطر الناجمة عن امتصاص الحرارة في الجسم من الهواتف الجوالة ومحطاتها تتضمن الضرر الحراري إلى الأنسجة ، إعتام عدسة العين ، والآثار الفسيولوجية ، ولكن الهواتف الجوالة ومحطاتها تعمل على مستويات منخفضه جدا للطاقة والتي لا يمكن أن تؤدي إلى مثل هذه المخاطر .الآثار البايولوجية الناتجة عن امتصاص طاقة الموجات الراديوية غالبا ما تؤدي إلى تسخين الأنسجة والتي يشار إليها باسم "آثار حراريه". المعروف منذ سنوات عديدة على أن التعرض لمستويات عالية جدا من الترددات الراديوية يمكن أن تكون ضارة نتيجة لطاقة الترددات اللاسلكية لتسخين الأنسجة البايولوجية. تلف الأنسجة البشرية يمكن أن تحدث أثناء التعرض لمستويات عالية من الترددات الراديوية نظرا لعدم قدرة الجسم على التعامل مع الحرارة العالية أو تبديدها . العينين والخصيتين حساستين للتعرض للموجات الراديوية ، بسبب النقص النسبي في تدفق الدم فيهما وبذلك لا يمكن تبديد الحرارة العالية. عند مستويات منخفضه نسبيا من التعرض للترددات الراديوية ، فان الحرارة المتولدة تكون قليلة ، و الآثار البايولوجية الضارة لا يمكن معرفتها بدقة. لكن هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتحديد الآثار البايولوجية ، على صحة الإنسان.

يعتمد التأثير الصحي للموجات الراديوية على مقدار التردد:

1- الترددات الراديوية التي ترددها يساوي 1 ميجاهرتز أو اقل والتي قد تنتج ارتفاعا في درجة الحرارة ولكن الجلد البشري يعمل كمنظم حرارة طبيعي لذا يتم التخلص من الحرارة الزائدة عبر الجلد. كما أنها تسبب سريان تيار كهربي داخل الأنسجة. يتم قياس جرعة الإشعاع بحساب كثافة التيار التي تعرف بالتيار الكهربي الذي يقطع وحدة المساحات عموديا عليها خلال زمن واحد ثانية، ووحدة قياسها أمبير /م^2.

2- الترددات الراديوية التي ترددها أكبر من 1 ميجاهرتز تسبب ارتفاعا في درجة حرارة الجسم لأنها تخترق الجلد وتعمل علي اهتزاز جزيئات الماء في الجسم. ويعتمد عمق الاختراق علي تردد المجال. وقد وضع معيار الأمان لهذا المدى من الترددات من خلال ما يعرف بمعدل الامتصاص النوعي SAR، ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها وحدة الكتل خلال زمن قدره واحد ثانية، وبالتالي فان وحدة القياس لها هي واط/ كيلو جرام.

3- الترددات فوق 10 جيجاهيرتز ذات كثافة طاقة أكبر من 1000 واط/ م^2 قد تتسبب في الإصابة بمرض عتمة العين ، كما قد تسبب حروقا في الجلد. وهذه الكثافة أمر يكاد يكون غير موجود في الطبيعة إلا بالقرب من بعض الرادارات القوية.

تتفاوت معايير الأمان بشكل ملحوظ من بلد إلي آخر، ويتفاوت الاهتمام بالآثار الصحية التي يمكن أن يسببها التعرض لمجال الترددات الراديوية فوق حدود الأمان. فبينما تهتم دول مثل روسيا وكوبا وإيطاليا بموضوع الترددات المنخفضه جدا (أقل من 300 هرتز)، والتي ترتبط أساسا بشبكات نقل وتوزيع الكهرباء، وتهتم دول أخرى بمحطات الإذاعة والتلفاز ومحطات الهاتف الجوال، بينما لا تعتبر بلدان أخرى المسألة هامة من الأساس.ولازال التأثير الصحي لإشعاعات محطات الهاتف الجوال محط اهتمام قطاعات واسعة من المنظمات الأهلية

والحكومية ، وفي هذا السياق يجب مراعاة اختلاف الآثار الصحية طبقا للمدى والتردد. عندما يتعرض الشخص للموجات الراديوية الصادرة من الهواتف الجوالة أو المحطات الأساسية، فان الجزء الأكبر من الطاقة سوف ينعكس من الجسم أو تنتقل من حوله (ويسمى ذلك بالحيود). بعض الطاقة تمتصها الأنسجة على سطح الجسم وفي داخل الجسم فان جزيئات معينة ، مثل الماء ، سوف تبدأ في الحركة أو الدوران بسبب وجود المجالات االكهرومغناطيسية ونتيجة لذلك يتم تحويل الطاقة االكهرومغناطيسية إلى حرارة.فإذا كانت شدة الموجة الراديوية عالية جدا ،فقد تكون الحرارة كبيرة ويحتمل أن تكون ضارة. الطاقة المستخدمة في الهواتف الجوالة عادة ما تكون منخفضه جدا وتسخين الأنسجة نتيجة لامتصاص الموجات يكون صغير جدا بحيث لا يمكن ملاحظته.

7 – 5 التأثيرات غير الحرارية Non- Thermal Effects:

طاقة ألكمات الإشعاعية عند الترددات 0.9 و 1.8 جيجا هرتز تساوي 4 و 7 مايكرو إلكترون فولط، على التوالي. هذه القيم ضئيلة للغاية مقارنة مع الطاقة 1 إلكترون فولت اللازمة لكسر أضعف الروابط الكيميائية في الجزيئات الجينية (الحمض النووي DNA)، لدلك فأنة من غير الممكن أن تقوم إشعاعات الترددات الراديوية بإلحاق الضرر في الحمض النووي بصورة مباشرة ، أو تحفيز الخلايا إلى الإصابة بالسرطان.

يمكن أن يولد مجال الترددات الراديوية آثارا أخرى يمكن كشفها إذا كان تأثير المجال الكهربائي داخل النظام البيولوجي المعرض لا يمكن أن يتأثر بالضوضاء الحرارية. الضوضاء الحرارية أو الحركة العشوائية ، التي تعرف أيضا باسم الحركة البراونية ، يرجع سببها للطاقة الحرارية التي تتعرض لها كافة الكائنات عند درجات الحرارة فوق الصفر المطلق والتي تؤدي إلى اهتزاز الذرات في المواد الصلبة و الحركة العشوائية للغازات والسوائل وتنتج اصطدامات متكررة مع ذرات أخرى. لذلك فان جميع مكونات الأنسجة البايولوجية ،الأيونات ،الجزيئات

والخلايا هي في حركة مستمرة. الطاقة الحرارية لكل عنصر له معدل قيمة يرمز له, kT ، حيث k ، هو ثابت بولتزمان ويساوي 86 درجة مطلقة لكل مايكرو فولط ، T هو درجة الحرارة المطلقة بالكلفن. قيمة T حوالي 300 درجة حرارة مطلقة عند حرارة الجسم بحيث kT يساوي 26 ملي إلكترون فولط ، وهي أكبر بكثير من الطاقة ألحركية التي يولدها المجال الكهربائي . تأثيرات ألمجال سوف تحجبها الضوضاء الحرارية (لم يتم الكشف عنها في أي جزء من الأنسجه البايولوجية). هذه المقارنة بالضوضاء الحرارية ينبغي أن توفر قدر كبير من قياسات القيمة الدنيا للمجال الكهربائي اللازمه لاكتشاف الآثار البايولوجية.

تجدر الإشارة ، إلى أنه هناك حالة خاصه يكون فيها النظام البيولوجي حساسا لبعض المجالات عند تردد يسمى تردد الرنين ولا يكون حساسا عند ترددات أخرى ، لذلك فإن المقارنة تتم في حالة الحركة الناتجه عن الحرارة التي تجري في ترددات قريبة من تردد الرنين. فإذا كان رنين الترددات الراديوية حاد جدا ، فان تاثيرة سيكون أكبر بكثير من الضوضاء الحرارية الكلية ، لذلك فأن المجالات الكهربائية الصغيرة جدا قد تكون لها آثار يمكن اكتشافها في أنظمة رنينيه من هذا النوع ،والتي تتواجد في الأنسجة البايولوجية.

الآثار غير الحرارية يمكن أن تنشأ عن:

1 - حركة الأيونات: نتيجة تأثير المجالات الكهربائية على المادة، تتحرك الأيونات ذهابا وإيابا لكن مدى هذه الحركة يتناقص بشكل حاد نتيجة لزوجة السائل المحيط بها. ألحركة تكون لمسافة أقل من 10^{-14} م (قطر نواة الذرة) لمجال مقداره 100 فولت / م والطاقة التي تترافق مع هذه ألحركه هو أقل من ألحركه الحرارية للايون بمعامل يقترب من 10^{15} هذه القيمه من الضآلة بحيث لا يمكن أن تسفر عن أي تاثيرات بيولوجيه غير حراريه.

2 – استقطاب جزيئات الخلية: توثر الترددات الراديوية على الخلايا وتؤدي قوة تجاذب بينهما بوجود المجال الكهربائي إلى استقطاب الخليه ، وهذا يعني أن

الشحنات في الخلية تتحرك بحيث يصبح جانب منها موجبا نسبة للجانب الآخـــر. لذلك تصبح الخليه ثنائية القطـــب الكهربـــائي ، وتجـــذب نحوهـــا الخلايـــا ذات الاستقطاب المتماثل . طاقه بعض الخلايا عند ترددات تقل عن 100 ميجاهرتز ، تحسب لكي تصبح قابلة للمقارنة مع الضوضاء الحرارية في المجالات الكهربائية المساوية إلى 300 فولط / م. وقد حسبت الطاقات وكانت قليلة بشكل ملحوظ عند مجالات الترددات الراديوية ، نظرا لأن هذه القيم تعتمد على الهيكـــل التفصـــيلي للعناصر البايولوجية المعنيه ، فان إمكانيه حصول التأثيرات البايولوجية للمجالات من هذا الحجم لا يمكن استبعادها.

3 - الآثار البايولوجية على غشاء الخليه:

من المعروف أن الخصائص الكهربائيه للأغشية لها خواص غيـــر خطيـــه فعنـــد تطبيق فرق جهد كهربائي عبر الغشاء يتولد تيار يتحرك خلال الغشاء في أي من الاتجاهين وان التيار المار لا يتناسب مع الجهد دائما. جزء من هذه العلاقه غيـــر الخطيه يمكن أن تكون نتيجة لتأثير المجال الكهربائي على البروتينات في الغشـــاء أو القريبة منه ، مما يساعد على مرور التيارات المتولدة خلال الغشـــاء. يعمـــل الغشاء أيضا بمثابة مقوم rectifier . فعند تطبيق الفولطيه على سلك فان قيمـــة التيار الكهربائي المار تتوقف فقط على قيمة الجهد .فإذا عكست قطبية الجهد فـــان اتجاه التيار سوف يتغير ولكن مقداره لا يتغير.ومع ذلك ، فعند تغير قطبية الجهـــد المطبق عبر المقوم فان التيار يعكس اتجاهه و يتغير مقداره .لذلك فعند تطبيـــق جهد متذبذب (مجال كهربائي) عبر المقوم ، فان مجموع التيارات المارة عنـــدما يكون المجال في اتجاه واحد لا تساوي التيارات عندما يكون المجال في الاتجـــاه الأخر . المجال المتردد يولد تيار يمر خلال الغشاء. ومع ذلك ، فإن زمن استجابة بوابات الايون أبطأ بكثير من زمن ترددات الموجات المايكروووية ، وقد تبين بأن المجالات الكهربائيه التي مقدارها 200 فولط / م ، تولد تغير نسبي صغير جدا في جهد الغشاء. لذلك لا يبدو من وجود تأثيرات بيولوجيه من هذه الآلية.

الحد الأقصى لمقدار المجال الكهربائي المتولد في الرأس من قبل هوائي الهاتف الجوال هو حوالي 100 فولت / م ، لكن المجال الكهربائي داخل المخ سيكون أقل بشكل ملحوظ. آليات ألمجالات بهذا الحجم يمكن أن تولد تأثيرات بيولوجيه غير حراريه من خلال حركة الخلايا الكبيرة أو من خلال التجاذب بين الخلايا المجاورة. في هذه المرحله ، على الرغم من عدم وجود الادله التجريبيه لدعم هذه الآليات ، فان إمكانية حصول مثل هذه التأثيرات لا يمكن استبعادة .

أما في حالة المحطات القاعديه للهواتف الجوالة فان الحد الأقصى لحجم المجالات الكهربائيه الناتجه عنها لعامة الجمهور حوالي 5 فولط / م ، على الرغم بأن أكبر مجال تم قياسه حتى الآن في بريطانيا حوالي 2 فولط / م ، وشدة المجال المناظرة داخل الجسم أصغر من ذلك بشكل ملحوظ. آلية التأثيرات البايولوجية في هذه المجالات المنخفضه نسبيا يعتمد على وجود حالة متشاكهة coherent من الاهتزازات الميكانيكيه في الأنسجة البايولوجية. وبالرغم من مرور أكثر من 30 عاما على اقتراح هذه الإلية ، فأنة لا تتوفر أدلة مقنعة لهذه الحالة ، أو لأي سلوك ريني ، ويبدو أن يلقي ظلالا من الشك على وجودها ، ولكن لا يمكن أن نستبعد تماما مثل هذه التأثيرات. تجدر الإشارة ، إلى أن احد الباحثين عام (1994) قد افترض إمكانيه أعم لنقل الطاقة من خلال آلية الرنين واستنتاجه إلى أن آلاثار البايولوجية قد تكون من الصغر بحيث لا يمكن قياسها في أي قيمة للمجال الكهربائي. ويمكن تلخيص ذلك بان هناك القليل من الادله لدعم سلوك الرنين ، ولكن يتطلب المزيد من البحوث للتأكد من هذه الآلية.

الأثر الوحيد الواضح لمجال ألترددات اللاسلكيه ومجال الموجات المايكرويه على النظم البايولوجية هو ارتفاع درجات الحرارة. على الرغم من أن تفاعلات المجالات ذات التردد العالي قد جرى البحث فيها منذ الثلاثينات من القرن الماضي ، لكن السؤال المثير للجدل و المطروح الآن حول وجود أثار "غير حراريه" إضافة للآثار الحرارية والتي يجب أن تأخذ في الاعتبار عند وضع حدود

السلامه. وسبب الجدل يعود إلى تلك البحوث التي تدعي أنها وجدت مثل هذه الآثار "غير الحرارية" عند إجراء التجارب في المختبر على الخلايا ، وكذلك تجارب على متطوعين من البشر أو تجارب الحيوانات. مصطلحي " التاثيرالحراري" و "غير الحراري يمكن تفسيره ، من المنظور البيولوجي والفيزيائي(الحياتي) ، آليات التفاعل الممكنه ، و النتائج التجريبيه ، التي تعتمد على أجهزة التجربه. النتائج التجريبيه عن الآثار "غير الحرارية" تحصل في الحالات التالية :

- إذا كانت شدة ألتشعيع في التجربة منخفضه جدا بحيث من غير المرجح أن تحدث تغييرات في درجات حرارة الجسم .
- إذا لم يتم قياس تغير ملموس في درجة الحرارة أثناء تشعيع الجسم أو وعاء التجربه، أو الماء المحيط والتي تبرر وجود درجة حرارة ثابتة خلال التعرض.
- إذا كان الارتفاع في درجة الحرارة الناجمة عن الحرارة لا يظهر آثار مماثلة لتلك الناجمة عن التعرض للموجات الراديوية .

التأثير "غير الحراري" هو التأثير الذي لا يكون مصحوبا بزيادة متوقعة أو قابلة للقياس في درجة الحرارة ، أو إذا كانت تاثيراته لا تتطابق مع التي تلك التي تحدث بعد التدفئة التقليدية. التعريف الحياتي للتأثير "غير الحراري" يستند إلى أنواع آليات تفاعل المجال الكهرومغناطيسي. تعتبر الآليات غير حراريه إذا كان تفاعل متجه المجال الكهربائي (أو المغناطيسي) للترددات الراديوية مع شحنة أو ثنائيات أقطاب الجزيئات في النظام الحي يؤدي مباشرة إلى آثار محددة غير الحرارة . أشار احد الباحثين إلى أن "التأثير غير الحراري" يحصل عندما تحصل التغييرات في خصائص النظام بطريقه لا يمكن أن تتحقق عن طريق التسخين ، أي عندما يكون ناتج التعرض غير خطيا. وقد أوضحت حسابات الباحث بأن المجالات الكهرومغناطيسية القوية للغاية ستكون ضروريه لتحريك الجزيئات ثنائية

الأقطاب. في الواقع فان الآثار غير الحرارية في هذا المعنى معروفه جيدا ، كما في حالة الدوران الكهربائي للخلايا. لحث الآثار غير الحرارية فان شدة المجال الكهربائي المطلوبة اكبر بكثير من تلك التي تستخدم في أنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكيه العادية. وبالتالي فان الدوران الكهربائي للخلايا يصاحبه إنتاج كبير للحرارة. وفقا للتعريف "التجريبي" ، فإنها تصنف على أنها " تأثيرات حراريه". فهي ذات أهمية خاصة فيما يتعلق بتطبيقات التكنولوجيا الحيويه ، لكن لا علاقة لها في موضوع حدود السلامه .

وجود " الآثار غير– الحرارية الناتج عن مجال الترددات الراديوه الضعيفه لا تتعلق في معظمها بالآلية الحيويه ، ولكنها تستخدم بالإدراك التجريبي، و هو ألا ثر الذي لا يكون مصحوبا بزيادة متوقعه أو قابلة للقياس لدرجة الحرارة ، والتي لا تتطابق مع الآثار التي تحدث بعد التسخين التقليدي. في الآونة الأخيرة ، تم العثور على فئة متخصصه من بروتينات النقل التي تعمل كمستقبلات حراريه thermo receptor في أغشية الخليه ، ليس فقط في خلايا الأجهزة المتخصصة ، ولكن أيضا في الخلايا الكيراتينيه الطبيعيه وغيرها. نسبة إلاشارة إلى الضوضاء المثلى للمستقبلات الحرارية في هذا النظام تحسب عن طريق حساب متوسط استجابة العديد من البروتينات و الخلايا . تم اتخاذ كثير من الخطوات لمعالجة المعلومات لثوابت زمنية مختلفة هي اقل من ميكروثانية لردود الفعل الأولية لبروتينات الغشاء، ميلي ثانية للإثارة العصبيه ، و أعشار الثواني أو حتى دقيقه للعواقب السلوكية. عتبة هذا النظام يمكن أن يكون أقل من حساسية الأجهزة التقنيه لقياس درجة الحرارة أو التحكم بها في التجارب. الآثار التي وجدت في تجارب مجال الترددات اللاسلكية الضعيفه يمكن أن يكون "شبه حراري" أو " حراري قليل " للتفاعلات مع النظام البيولوجي ذات الإحساس الحراري والتنظيم الحراري. هناك عدد من ردود الأفعال ليس من المستبعد ، أن تحدث عند درجة حرارة غير مرتفعة بما يكفي ليمكن التحسس بها من قبل الجهاز العصبي المركزي. لكن التأثير

على البروتين يؤدي للتأثير على الدورة الدموية الموقعيه ، أو تأثيرات أخرى قد تكون نتيجة للتحفيز الحراري . إذا كانت الآثار "غير الحرارية" ، التي وجدت في التجارب باستخدام نظم تعرض دقيقه وقياس دقيق للجرعات ، تستند إلى تفعيل النظام الجزيئي للاستشعار الحراري ، فإنها بالتالي لا بد أن تصنف على أنها استجابه لردود يومية بدون تأثير حقيقي على ألصحه. قدرة الاتصالات المستخدمه في الهواتف الجوالة في كثير من الأحيان تكون فيها نبضة تردد الإشارة الحاملة منخفضه. الباحث الألماني رولاند جلاسر ، قد بين أن هناك عدة جزيئات في الخلايا تعتبر مستقبلات حراريه، والتي تقوم بتنشيط سلسلة من منظومات الاستقبال الثانية والثالثة والتي لها القدرة على إنتاج ما يسمى بروتينات الصدمة الحرارية التي تقوم بالدفاع عن الخلية لمكافحة الإجهاد الأيضي في الخليه التي تسببها الحرارة. الزيادة في درجة الحرارة التي تتسبب في هذه التغييرات صغيرة جدا بحيث لا يمكن الكشف عنها ، وقد استند الباحث في جميع حجته على الاستقرار الظاهري في التوازن الحراري في الخليه. في الواقع هناك العديد من الدراسات لمعرفة الآثار الصحيه المحتمله من مجالات الترددات الراديوية (اللاسلكية) في السنوات الخمسين الماضيه. المخاطر الصحية بسبب الحرارة معروفا منذ أكثر من قرن ، لذلك فان معظم البحوث التي أجريت في العقود القليله الماضيه على الآثار المحتمله التي لا ترتبط بالحرارة ، والتي تسمى الآثار غير الحرارية.

7 – 6 السرطان

الحامض النووي DNA في الكروموسومات ، والتي تتحكم في نمو ووظيفة الخلايا ، عادة ما تكون ثابتة بشكل ملحوظ . هناك مجموعه متنوعه من آليات حماية وإصلاح أضرار الحامض النووي. بعض الإشعاعات مثل الأشعة السينيه وأشعة جاما تتسبب في تلف الحامض النووي والتي تسمى السميه الجينيه genotoxic أو التشوهات الخلقيه. السميه الجينيه للخلية بأنواع مختلفة منها

التشوهات في مظهر الكروموسومات ، انكماش نواة الخلية ، والطفرات الوراثية. السمية الجينية تحدث باستمرار في جسم الكائن الحي ، ويرجع ذلك بسبب التعرض لمجموعه متنوعه من المطفرات الطبيعيه والاصـــطناعيه ، أو يمكـــن أن تحـــدث تلقائيا من خلال أخطاء عشوائية عند استنساخ الحامض النووي أثناء انقسام الخلية. معظم الأضرار يتم إصلاحها إذا كانت صغيرة أما إذا كانت كبيرة فان الخليه يمكن أن تموت. وفي بعض الحالات يمكن أن تحصل سلسلة من ألأضرار الجينية بشكل طفرات ورائية تدفع الخليه بعدد من الخطوات تجاه تكون السرطان نتيجة لتتكـــاثر الخلايا من خلال الانقسام غير المسيطر علية للخليه .

المتفق علية الآن بأن السرطان يبدأ نتيجة لتغير في المادة الوراثية (DNA) للخلية (الآثار السمية) ، ولكن توجد بعض المواد الكيميائيه غير السميه تســـمى المـــواد المسرطنه والتي يمكن أن تؤدي إلى حدوث السرطان في الخليه من دون أي حافز خارجي آخر ولكن حدوث بعض الحالات مثل تحفيز الخلايا للانقســـام أو غيـــاب الإشارات اللازمه لتتخصص الخلايا، العامل الذي يسبب المزيد من التقـــدم نحـــو السرطنه غالبا ما يطلق عليه العامل المشجع promoting agent . الدراسات عن الآثار السميه الجينيه لإشعاع الترددات الراديوية ، تعزز تكاثر الخلايـــا والتعبيـــر الجيني غير الملائم الحاصل على المستوى الجوال. بالإضافة إلى ذلـــك ، هنـــاك دراسات علمية طويلة الأجل لاستحداث السرطان في الحيوانات ، بما فـــي ذلـــك اختبارات التفاعلات الا جينيه مع المواد المسرطنة المعروفه.

ألدراسات المختبريه على الحيوانات في وقت مبكر ومنـــذ 1971 وضـــحت بـــان التعرض الطويل المدى لمجالات الترددات الراديوية يزيد من حدوث الأورام فـــي تلك الحيوانات هذه التجارب قدمت أدلة مباشرة على أن الإشـــعاع الصـــادر مـــن الترددات الراديوية يمكن أن يسبب للسرطان. إن التجارب ذات الصلة بالسرطان عانت من قياسات غير دقيقة للجرع والتشريح والمتابعة غير الكفاية .

الآثار الصحية الضارة من الهواتف الجوالة قد درست من قبل علمـــاء ووكـــالات الصحه منذ 1990 في وقت مبكر من التسعينيات. استجابة لقلـــق الجمهـــور فقـــد دعمت العديد من الحكومات والصناعه الدراسات والبحوث على الإنسان والحيوان ، وهناك الآن كمية كبيرة من المعلومات العلمية حول الآثار الصحيه الضارة مـــن الهواتف الجوالة. هناك العديد من الدراسات حول الهاتف الجـــوال و مـــن أكثـــر التساؤلات كانت مشكلة السرطان و هل هناك زيادة في نسبتها عنـــد مســـتخدمي الجوال. لم تثبت الدراسات العلميه بشكل قاطع لحد الآن أن ترددات الجـــوال لهـــا علاقة بزيادة نسبه السرطان بالرغم من أن بعـــض التجـــارب المختبريـــه علـــى الحيوانات أشارت إلى احتمال استحداث السرطان بعد التعرض لإشـــعاع الهـــاتف الجوال و لكن لازالت الدراسات مستمرة بعضها ينفي والأخرى تثبت.

بعض التقارير خلصت على أن المعلومات المتوفرة عن استخدام الهواتف الجوالة أو التعرض للانبعاث من محطاتها القاعديه لا يسبب سرطان الدماغ أو غيرها من الآثار الصحية. لكن هناك دراسات اعتقدت أن تردد الجوال قـــد يســـبب بعـــض نشاطات المخ و تفاعلاته و تأثيره على طراز النوم و لكنها تأثيرات ضئيله جـــدا و ليست ذات أهميه.

الدراسات في علم الأوبئة أوضحت عدم وجود علاقه سببيه بين التعرض للموجات االكهرومغناطيسية من الهواتف الجوالة أو محطاتها ، ولكن هناك بعض البحـــوث الضعيفه أوضحت وجود علاقة بين الاستعمال طويل المـــدى للهواتـــف الجوالـــة وبعض أنواع أورام الدماغ. ما زالت الآثار الصحية للهاتف الجوال تثيـــر جـــدلاً واسعًا بين الأوساط العلميه المختلفة و تضاربت الآراء حول تـــأثيرات الهـــاتف الجوال على الجسم في الفترة الأخيرة. ترى احد الدراسات البريطانية أن الهواتف الجوالة تؤثر في كيمياء الخلايا الحيه، و تؤثر في كهربائية الدماغ لفترة زمنيه قد تطول أو تقصر حسب المدة الزمنيه التي يتعرض لها الإنسان للموجات القصيرة. فشلت ثلاث دراسات أجريت على الفئران بعد تعرضها إلى الموجـــات الراديويـــة

المنبعثة من الهواتف الجوالة من إثبات وجود علاقه بين سرطان الدماغ واستخدام الهواتف الجوالة. أحد المجموعات البحثية بولاية كاليفورنيا الأمريكية أشارت إلى أن الموجات الراديوية المنبعثة من الهواتف الجوالة يمكن أن تقلل نسبة حدوث السرطان، لكن دراسات أخرى رأت أنها نتائج خاطئة. أشارت بعض الدراسات إلى أن نسبة حدوث السرطانات اللمفاوية والدماغية يمكن أن تزداد بشكل واضح لدى الذين يستخدمون الهاتف الجوال لأكثر من 20 دقيقة دفعة واحدة في كل اتصال. قد يكون سبب تباين النتائج بين الدراسات هو الأخطاء العلمية أو الإحصائية نتيجة لاستخدام عدد قليل من الحيوانات؛ حيث لا تظهر صورة واضحة للنتائج، أو يمكن أن تعود ببساطة إلى دراسات غير دقيقة وغير أصيلة لبعض الشركات المصنعة للهواتف الحرارية.فقد ذكرت الدراسات الحديثة في المعهد الوطني للعلوم الفيزيائية في بريطانيا أن تأثير الهواتف الجوالة على الدماغ يختلف من جهاز إلى آخر، كذلك يختلف حسب وضعية الهوائي المعلق في الهاتف، فتكون التأثيرات أقل إذا كان الهوائي مرفوعًا، وبينت الدراسات أن استخدام سماعة الأذن التابعة للهاتف الجوال قد تقلل من وصول الأمواج إلى الدماغ بمعدل 90% ؛ لذلك ينصح باستخدام السماعة.هناك دراسات تشير إلى أن تعريض الإنسان للهاتف الجوال لفترة زمنية محددة يزيد من سرعة استعادة المعلومات من الدماغ على المدى القصير ؛ إذ وجد أن استجابة الناس لأسئلة مطروحة على الكمبيوتر أفضل لدى مستخدمي الهواتف الجوالة بنسبة 4% . ومن الدراسات البريطانية في جامعة نوتنغهام حول تأثير الهواتف الجوالة على الجسم، التي توصلت إلى أن تسليط الأمواج القصيرة جدًّا على نوع من الديدان الصغيرة أدى إلى زيادة نموها بمعدل 5% مقارنة بالديدان الأخرى، وهذا يعني أن الهواتف الجوالة يمكن أن تزيد من الانقسام الجوال، وبالتالي مخاوف حدوث السرطان. فبالنسبة للترددات المنخفضه جدا أي أقل من 300 هرتز دعي المؤتمر الدولي الذي عقد في جنيف عام 1997 إلي مواصلة البحوث حول مدي ارتباط المجالات االكهرومغناطيسية منخفضه

الترددات وبعض الأمراض مثل سرطان الدم (اللوكيميا) عند الأطفال وسرطان الثدي عند النساء وأمراض الجهاز العصبي المركزي ومنها الزهايمر، فهناك دراسات عديدة حول إصابة الأطفال الذين يسكنون بجوار خطوط القوي الكهربائية ذات الجهد العالي بسرطان الدم أكثر من ساكني المناطق الأخرى فقد أظهرت الدراسات التي أجريت علي مئات الأطفال الذين يعيشون بالقرب من تلك الخطوط أنهم يتعرضون للإصابة بأمراض الجهاز العصبي وسرطان الدم ضعف الأطفال الآخرين الذين يسكنون بعيدا عن هذه الخطوط.أما بالنسبة لترددات الرادارات فقد أكدت تجارب أجريت في الاتحاد السوفيتي السابق أن التعرض لموجات الرادار لفترة طويلة قد يؤدي للصداع والإجهاد العصبي كما قد يؤدي لفقدان الذاكرة. فضلا عن احتمالات الإصابة بالسرطان وهو الأمر الذي أظهرته التجارب على الفئران. أما بالنسبة للآثار الصحية لمحطات البث الإذاعي والتلفازي، فيمكن أن يسبب التعرض لمستويات مرتفعة من الترددات الراديوية الناتجة من أبراج بث وتقوية تلك المحطات الإصابة ببعض الحالات المرضية. وقد أوضحت الدراسة أن هناك زيادة في معدل الإصابة ببعض الحالات المرضية عن المعدل المعتاد.

بعض الدراسات أشارت إلى إمكانية وجود صلة بين التعرض للترددات اللاسلكية والموجات المايكروية والسرطان، النتائج لم تسفر حتى الآن عن نتائج حاسمة. في حين أن بعض المعلومات التجريبية قد اقترحت احتمال وجود صلة بين التعرض واستحداث الاورم في الحيوانات التي تعرضت في ظل ظروف معينة ، لكن النتائج لم تكرر بشكل مستقل. فشلت دراسات أخرى في العثور على وجود علاقة سببية بين التعرض للموجات الراديوية ومرض السرطان. تجري حاليا مزيد من البحوث في مختبرات عدة للمساعدة في حل هذه المسألة وهناك عدد محدود من الادلة العلمية على وجود ارتباط بين المجالات الكهرومغناطيسية وسرطان الدم لدى الأطفال. هذا لا يعني أن المجالات الكهرومغناطيسية تسبب السرطان ، ولكن مثل هذا الاحتمال لا يمكن استبعاده. البحوث الكثيرة التي أجريت في المختبرات لم تؤيد

هذا الاحتمال ،وعموما فإن الادله تعتبر ضعيفة ، مما يشير إلى أنه من غير المرجح أن المجالات الكهرومغناطيسية تسبب سرطان الدم لدى الأطفال.ومع ذلك ، ينبغي أن الادله لا يمكن تجاهلها ، و اتخاذ التدابير الوقائية لتقليل تعرض الناس. الارتباط بين التعرض للأشعة المنبعثة وسرطان الدماغ.قد تمت دراسته بشكل مستفيض من قبل الوكالة الدولية لأبحاث السرطان. شملت هذه الدراسات أكثر من 13 دولة عدد سكانها مجتمعة أكثر من 46 مليون نسمة تتراوح أعمارهم بين 30 و 59 سنة الذين يقيمون في مجال الدراسة والذين تم تشخيص حالة واحدة أو أكثر من أورام في الرأس (السرطانية أو غير السرطانية) بين عامي 2000 و 2004. هذه الدراسات ، درست ما يقرب من 6400 مريض يعانون احد ألأنواع الأربعة من أورام الدماغ ، بما في ذلك أورام المخ ، مع ما يقرب من 7600 من الأصحاء.وقد أظهرت دراسات أخرى بأنة لا يوجد ارتباط بين استخدام الهواتف الجوالة لمدة تقل عن 10 سنوات ، وأي شكل من أورم المخ. ومع ذلك ، ظهرت بعض الدراسات ، ذات دلائل إحصائية ضعيفة وبين التوسع في استخدام الهواتف الجوالة (أكثر من 10 سنوات) وبعض أورام المخ. حيث وجد احد الباحثين (كولا وزملاؤه عام 2007) بأنة لا يوجد دليل على خطر متزايد من سرطان الدماغ واستخدام الهاتف الجوال لفترات تقل عن 10 سنوات، ولكن وجدت أدلة ضعيفة لسرطان الدماغ لمستخدمي الهواتف الجوالة لأكثر من 10 سنوات كذلك أكد باحثون في معهد كارولينسكا السويدي بعد أجراء دراسة وبائية عام 2004 بأن الاستخدام المنتظم للهاتف الجوال على مدى عقد من الزمان أو أكثر ، يكون مرتبطا بزيادة مخاطر التعرض لأورام في العصب السمعي ، وهو نوع من الأورام الحميدة في المخ. هذه الزيادة لم تلاحظ في الذين استخدموا الهواتف لأقل من 10 عاما. وخلص الباحثون بان النتائج النهائية لا تشير إلى وجود خطر متزايد لسرطان الدماغ ، واقترحت إجراء بحوث إضافية في هذا الموضوع قبل استخلاص استنتاجات قاطعة . تم إجراء دراسات لتأثير التعرض للترددات

اللاسلكية لفترة طويلة على الحيوانات والتي أظهرت علـــى أن التعـــرض لطاقـــة الترددات اللاسلكية لا تسبب السرطان، وأنه لا توجد آلية مقبولـــة بـــان التـــردد الراديوي الناتج من الهواتف الجوالة يمكن أن تنتج تأثيرات بيولوجية سلبية ، فضلا عن تلك التي تسببها الحرارة. وأكدت وكالات الصحة إلى توخي الحذر في قبـــول الإحصائيات الضعيفة باعتبارها دليلا على أن التعرض للهواتف الحرارية يمكن أن يسبب مرض السرطان . أوضحت هيئة الوقاية من الإشعاع السويدية عام (2007) وكذلك دراسة ايرلندية بان استخدام الهواتف الجوالة على المدى القصير لا يـــؤدي إلى مخاطر الإصابة بسرطان الرأس والعنق لدى البالغين. ولكن هناك قلق حـــول الاستخدام طويل الأمد للهاتف الجوال. التحقيقات في الآثـــار الصـــحية المحتملـــة للهواتف الحرارية سوف يستمر في المستقبل ، وستكون مهمته تحديـــد التـــأثيرات الصحية في حالة الاستخدام الطويل الأجل أو الأطفال.عدد كبير مـــن البحـــوث المتاحة حاليا لا تشير إلى أن استخدام الهواتف الجوالة أو التعرض للانبعاث من محطاتها القاعديه يسبب سرطان الدماغ أو غيرها من الأثر الصحي.

في عام 1996 ، تبنت منظمة الصحة العالمية برنامج ســـمى المشـــروع الـــدولي للمجالات االكهرومغناطيسية ، يهدف المشروع إلى إعادة النظر فـــي المؤلفـــات العلمية بشأن التأثيرات البايولوجية للمجالات الكهرومغناطيسية ، وتحديد الثغرات في المعارف عن هذه الآثار ، وقد تمت التوصية بإجراء بحوث في هذا المجال ، والعمل على قرار دولي عن المخاطر الصحية على استخدام تقنيـــات التـــرددات الراديوية. لا تتوفر بيانات تشير إلى المخاطر الصحية لاستخدام الهواتف الجوالـــة من قبل الأطفال. مع ذلك ، فان السلطات السويدية والبريطانية ، توصي بإتبـــاع نهج وقائي للحد من استخدام الهواتف الجوالة من قبل الأطفال إما بتقليل المكالمات غير الضرورية أو التقليل من التعرض باستخدام السماعة. في هولنـــدا لا يعتبـــر استخدام الهواتف الجوالة من قبل الأطفال مشكلة. لا تتوفر لحد ألان البحوث التي تؤكد الآثار الصحية السلبية الناجمة عن استخدام الأطفال للهواتف الحرارية ، ولكن

منظمة الصحة العالمية قد أوصت بإجراء بحوث أكثر بشأن هذه المسألة. حاليا لا يوجد أي دليل علمي على أن الأطفال ، والمرضى أو كبار السن هم أكثر حساسية تجاه أي التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية من البالغين الأصحاء. ومع ذلك ، فإن المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية ICNIRP وقد وضعت عامل أمان إضافي مقداره 5 على حدود التعرض لتأخذ في الاعتبار هذا الاحتمال. عقدت منظمة الصحة العالمية مؤخرا حلقة عمل لتحديد ما إذا كان الأطفال أكثر حساسية من الكبار ، واستنتجوا أن الأطفال بعد سن السنتين لا يكونون أكثر حساسية من البالغين ، وأن المبادئ التوجيهية الحالية للهيئةICNIRP تقدم الحماية الكافية للأطفال من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية .

7 – 7 تأثيرات أخرى

الهواتف الجوالة يمكن أن تتداخل مع منظمات القلب الالكترونيه.لكن الأجهزة الحديثة لتنظيم ضربات القلب ، وأجهزة تحفيز الدماغ أقل عرضة للتدخل. ومع ذلك ، فإنه من المستحسن أن تبقي الهاتف على بعد لا يقل عن 30 سم عن الأجهزة المزروعة ، أي ضع الهاتف على الجانب المعاكس الزرع عند إجراء المكالمات.

الدراسات المبكرة اقترحت بان حاجز الدم في المخ ، والتي عادة ما تمنع الجزيئات الكبيرة من العبور من الدم إلى السائل النخاعي ، قد تتأثر بالمجالات ذات المستوى المنخفض لنبضات الترددات الراديوية. الآثار المترتبة على نفوذية المخ قد تم التحقيق منها من خلال مقارنة الاختراق في المخ في الحيوانات المعرضة وحيوانات السيطرة بعد الحقن في الوريد بمركبات مختلفة.وقد بدأ الاهتمام بهذه التأثيرات منذ (1975) حيث لوحظ زيادة اختراق الدم لحاجز المخ من الفئران المخدرة بعد تعرضها الحاد لمستوى مجالات تسببه النبضات الراديوية أو الموجات المتواصلة ذات التردد 1.2 جيجا هرتز. لكن ألمزيد من الدراسات،التي أجريت في وقت لاحق ، أشارت إلى أن الدراسات المبكرة عانت من مختلف العوامل مثل

تغيير تدفق الدم إلى المخ ، تأثير المخدر ، والتغيرات في التصفية الكلوية. الادلـــه المتاحة على تأثير التعرض للترددات الراديوية على حاجز الدم في المخ متضاربة ومتناقضة. الدراسات الجيدة التي أجريت مؤخرا لم تسجل أي آثار على حاجز الدم في المخ.

من المؤكد بان الزيادة في درجة الحرارة الأساسية بمقدار 1 درجة سليزية أو أكثر تؤدي إلى تغييرات في أداء مهام التعلم وغيرها من السلوكيات البسيطة. ومع ذلك ، لا توجد أي أدلة تجريبية مؤكدة على أن التعرض لمجالات الترددات الراديويـــة المنخفضه المستوى يؤثر على التعلم والذاكرة للحيوانات. احـــد الدراســـات عـــام 1990 تشير إلى أن التعلم يمكن أن يشوش عندما يكون معدل القـــدرة الممتصـــة SAR أقل من 1 واط / كجم. علما بان ذروة نبضة الطاقة كان أعلى بكثير مـــن تلك المنبعثة من الهواتف الجوالة ، التأثيرات التي وجدت من خلال التجارب على الحيوانات كانت غير دقيقة من الناحية الإحصائية بالرغم من أنها أشارت إلـــى أن بعض المهام الإدراكية قد تظهر حساسية خاصة تجاه التعرض للترددات الراديوية ،الآثار المترتبة على هذه التصرفات قد تحدث في معدل قدرة ممتصة أقل من تلك المطلوبة لتشويش المهام التعليمية. تقييم تأثير المجالات المرتبطة بالهواتف الجوالة على الذاكرة أو التعلم يتطلب المزيد من البحوث والدراسات .

المحطات القاعديه ، والهوائيات تبعث الإشعاع بصفة مســـتمرة ، لكـــن طاقتهـــا تنخفض بشكل كبير مع مربع المسافة عن قاعدة الهوائي. وجـــدت العديـــد مـــن الدراسات الاستقصائية بظهور بعض الأعراض تبعا لقربها من مصادر الموجـــات الكهرومغناطيسية للهواتف الحرارية. في عام 2002 أوضحت دراسة فرنسية بان مجموعة متنوعة من الاعراض الذاتية مثل التعب والصداع واضـــطراب النـــوم وفقدان الذاكرة لبعض الأشخاص الذين كانوا يعيشون في حدود 300 متر من احد الأبراج في المناطق الريفية ، أو على مسافة 100 متر من المحطات القاعديه في المناطق الحضرية.

إلا أن دراسة أجريت في جامعة إسكس وآخري في سويسرا أشارت إلى أن هوائيات ألهاتف الجوال من غير المرجح أن تسبب هذه الآثار على المدى القصير في مجموعة من المتطوعين.

مع تقدم التكنولوجيا وزيادة الطلب على البيانات على شبكة للهاتف الجوال ، والتي شهدت ارتفاعا حادا في عددا الأبراج والذي يحتاج إلى دراسات كثيرة .هوائيات المحطات القاعديه للجيل الثالث من ألهاتف الجوال تعمل بمستويات منخفضه نسبيا من الطاقة الإشعاعية. لذلك فان التعرض الناتج من هذه الهوائيات يكون قليلا .المجالات الكهرومغناطيسية المرتفعة يمكن أن تحث مجالا كهربائيا وتيار كهربائي في الأنسجة والذي يؤدي إلى تحفيز الأعصاب و العضلات. ولكن المجالات االكهرومغناطيسية الموجودة في بيئتنا متدنية جدا بحيث لا تؤدي إلى أي تأثيرات صحية حادة ، فيما عدا الصدمات الكهربائية الصغيرة التي يمكن أن تحدث عند لمس الأجسام الموصلة المشحونة. لم يتضح وجود أي آثار ضارة بالصحة عند التعرض لحدود اقل من تلك التي اقترحتها المبادئ التوجيهية الدولية.

في عام 1998 ، وضعت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) مبادئها التوجيهية لتغطي التعرض للإشعاع الناتج عن التردد الراديوي. و كانت تستند أساسا على الادله نفسها التي استخدمت من قبل المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع NRPB في بريطانيا، والتي كانت فيها حدود التعرض للعاملين والجمهور متشابهة. لكن المبادئ التوجيهية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين وضعت حدود مختلفة لتعرض للعاملين والجمهور ، حيث إن أقصى مستويات التعرض للجمهور نحو خمس مرات أقل من تلك الموصى بها بالنسبة للعمال. والسبب في ذلك هو الاحتمال بأن بعض أفراد الجمهور قد يكونوا حساسين لإشعاع الترددات الراديوية. ومع ذلك ، لا يوجد دليل علمي مفصل لتبرير هذا الفرق في حدود التعرض.