الموجات الميكرونية وترددات الراديو
Microwave and Radio Frequencies

1.4 الموجات الميكرونية وترددات الراديو
Microwave and Radio Frequencies

الشمس والنجوم هما المصدر الرئيسي لأشعة الميكروويف والترددات الراديوية RF. تنتج بعض ترددات RF المنخفضة من العواصف الرعدية. الميكروويف موجات قصيرة جدا من الطاقة الكهرومغناطيسية والتي تنتقل بسرعة الضوء 182,186 ميل فى الثانية. الميكروويف المستخدمة فى أفران الميكروويف هي من نفس عائلة ترددات الإشارات المستخدمة فى الرادار ومحطات إذاعة الراديو والتليفزيون TV. موجات الميكروويف هي مثال من الموجات المستعرضة. والميكروويف التي تستخدم فى أفران الميكروويف تتذبذب 2450 مليون دورة فى الثانية. تقع هذه المنطقة على طيف التردد عند النهاية الصغرى لنطاق الرادار وأعلى قليلا من الترددات المستخدمة فى قنوات التليفزيون TV، UHF (Ultra High Frequencies)، وفى منطقة الأشعة غير المؤينة ومن المهم أن نشير هنا إلى أنه بالرغم من أن الميكروويف لا تؤين إلا أنها يمكن أن تكون خطيرة. فإذا كانت هذه الموجات قادرة على طهي قطعة لحم، فمن المؤكد أن يكون لها نفس التأثير على أنسجة الإنسان إذا تعرضت لفترات زمنية طويلة لدرجة كافية. بعض أعضاء معينة من الجسم تكون – على وجه الخصوص – أكثر حساسية للتأثير الحراري، ويقصد بحراري هنا التسخين. تنشأ المخاطر فى هذه الحالة من التسخين

المتولد من الميكروويف. فمثلا إذا تعرضت عدسات العين إلى تسخين زائد من الميكروويف فإن دورها الدموية تصبح غير قادرة على تزويدها بالتبريد الكافي، وسوف تصبح مثل بياض البيضة. وأيضا المعدة والأمعاء والمثانة، على وجه الخصوص، تكون معرضة للتلف الحراري من المستويات العالية من الميكروويف. والجدير بالذكر أن مصطلح الترددات الراديوية يستخدم للترددات الراديوية RF للتعبير عن الترددات حتى 300 GHz، لكن يستخدم مصطلح الميكروويف حتى مدى الترددات من 300MHz إلى 300GHz (الطول الموجي من 1m إلى واحد ملليمتر).

يقسم الشعاع غير المؤين إلى ثلاث مجموعات:

1. ساكن كهربائيا – Electrostatic لا يتغير مع الزمن.

2 . تردد منخفض Low Frequency مثل تيار المنازل.

3 . التردد الراديوى RF or Radio Frequency (أكبرمن 30KHz أو أقل من 300GHz).

أشكال أخرى من الأشعة ذات الطبيعة الكهرومغناطيسية توجد فى الجزء الأعلى من الطيف الترددي. (أعلى من 10 THz أو 10^{13} Hz) وتشمل الأشعة تحت الحمراء IR (حرارة)، والضوء المرئي، ثم الأشعة المؤينة، الأشعة فوق البنفسجية، أشعة X، أشعة جاما والأشعة الكونية. كل أشكال الأشعة لها تأثيرات ضارة على الصحة عندما تكون شديدة أو يكون التعرض لها لمدة طويلة.

يبين جدول (9)النطق المختلفة للترددات الراديوية.

جدول (9)النطق المختلفة للترددات الراديوية

النطاق	ميكروويف رادار	TV&FM	موجات الراديو القصيرة	AMراديو
التردد	1.6-30 GHz	54-1600MHz	1.605-54MHz	500-1500KHz
طول الموجة	187-10 mm	5.55-0.187m	187-5. 55m	600-200m
الطاقة	$0.66x10^{-5}$-$0.12x10^{-3}$ eV	$0.22x10^{-6}$-$0.66x10^{-5}$ev	$0.66x10^{-8}$-$0.22x10^{-6}$eV	$2-6x10^{-9}$eV

الرموز الشائعة للنطق المستخدمة فى الاتصالات الراديوية والاتصالات الأخرى.

النطاق	التردد
ترددات منخفضة (LF)	30 – 300 KHz
ترددات متوسطة (MF)	0.3 – 3 MHz
ترددات عالية (HF)	3 – 30 MHz
ترددات عالية جدا (VHF)	30 – 300 MHz
ترددات فوق العالية (UHF)	0.3 – 3 GHz
ترددات فائقة العلو (SHF)	3 – 30 GHz
ترددات أكثر من عالية (EHF)	30 – 300 GHz
موجات طويلة (LW)	150 – 285 KHz
موجات متوسطة (MW)	0.53 – 1.6 MHz
موجات قصيرة (SW)	2.3 – 26.1 MHz

تستخدم طاقة الترددات الراديوية فى خدمات الاتصالات للجمهور وفى الصناعة والهيئات الحكومية. محطات بث الراديو والتليفزيون وخدمات اتصالات التليفون الخلوي، والتليفون الشخصي (PCS)، التليفونات اللاسلكية، راديوالعمل، راديو الاتصالات لأقسام البوليس والمطافئ _ راديو الهواة واتصالات الأقمار الصناعية، ما هي إلا أمثلة قليلة من استخدامات طاقة الترددات الراديوية فى الاتصالات.

علاوة على استخدام طاقة الترددات الراديوية فى الاتصالات فإنها تستخدم أيضا فى أفران الميكروويف والرادار. كما أنها تستخدم فى التسخين والتثبيت فى الصناعة حيث تولد الأجهزة الإلكترونية أشعة ترددات راديوية تسخن المواد تحت المعالجة بسرعة كما يحدث فى طهي الطعام بأفران الميكروويف. سخانات ومثبتات RF لها استخدامات متعددة فى الصناعة تشمل: تشكيل المواد البلاستيكية وتغرية المنتجات الخشبية ومعالجة المنتجات الغذائية. ثمة استخدامات أخرى تتمثل فى التطبيقات الطبية وتشمل: التقنية التي يطلق عليها النفاذ الحراري التي تتميز بقدرة طاقة RF على التسخين السريع للأنسجة تحت سطح الجسم. تسخين الأنسجة قد تكون مفيدة فى العلاج الحراري وينبغى أن نشير أيضا إلى أن الترددات

الراديوية فى منطقة الميكروويف (عدة مئات من الميجا هرتز MHz إلى عدة جيجا هرتز GHz) تستخدم على نطاق واسع فى أغراض الاتصالات، على سبيل المثال – الراديو الخلوي، خدمات الاتصالات الشخصية (PCS). اتصالات الميكروويف للربط بين نقطة وأخرى، ربط الاتصال بين المحطات الأرضية والأقمار الصناعية أثناء دورانها، وفى بعض عمليات البث الإذاعي مثل من الأستوديو إلى المرسل (STL) فقط، راديو جمع الأخبار الإلكترونية. تعطى أنظمة رادار الميكروويف معلومات عن المرور الجوى والمناخ وتستخدم بكثافة فى أعمال الشرطة والجيش، الميكروويف تستخدم فى أغراض علاجية متنوعة تشمل التسخين الانتقائي للأورام.

قد سجلت الأبحاث التي أجريت فى مجال التسخين بالموجات الميكرونية كمصدر بديل للطاقة تغيرات غير متوقعة أثناء معاملة المواد، فقد وجدوا أن العمليات الكيميائية فى البلمرات والمواد العضوية تتم عند درجات حرارة أقل مع زيادة معدل التفاعلات ونقص طاقة التنشيط عند التسخين بالموجات الميكرونية وذلك مقارنة بطرق التسخين المعتادة.

قد ذكرت بعض البحوث أن التغيرات التي تحدث للمادة أثناء التسخين بالموجات الميكرونية تعتمد على خواصها العزلية والتوصيلية. الموجات الميكرونية تفقد طاقتها فى المادة بواسطة آليتين هما التوصيل الأيونى ودوران ثنائي القطب، فى كثير من التطبيقات العملية للتسخين بالموجات الميكرونية يحدث التوصيل الأيونى ودوران ثنائي القطب فى نفس الوقت.

من أهم النتائج التي توصل إليها الباحثون أن التسخين بأفران الميكروويف يفضل على التسخين بالأفران العادية سواء كانت كهربائية أو غازية وذلك لأن التسخين بالموجات الميكرونية يتخلل المواد وبذلك يكون التسخين حجميا لا سطحيا، وهذا يعنى أن التسخين يكون منتظما داخل المادة والإجهاد الناتج فى بنية المواد نتيجة التدرج الحراري عن طريق التسخين العادي يتلاشى أو يقل فى حالة التسخين بالموجات الميكرونية.

فى السنوات الأخيرة تم استخدام التسخين بالموجات الميكرونية فى معاملة المواد مثل اللدائن والبلمرات والمتراكبات والسيراميك. وقد وجد أن التسخين بالموجات الميكرونية أكثر فعالية من التسخين بالطرق العادية فى تنشيط تفاعلات البلمرة وتعجيل التفاعلات الكيميائية فى المحاليل وإذابة العينات الجيولوجية فى الأحماض المعدنية وتحضير العقاقير الطبية. كما تستخدم هذه التقنية فى تحضير مركبات غير عضوية فى الحالة الصلبة فى فترة زمنية قصيرة جدا مقارنة بالوقت المستغرق فى حالة الأفران العادية.

والجدير بالذكر أن العديد من أكاسيد المعادن لا تمتص الموجات الميكرونية والبعض الآخر يمتصها. يستخدم هذا التسخين فى عمليات التجفيف والانصهار والتلدين وفى التخلص من الكيماويات الزائدة عن طريق التبخير تحت ضغط منخفض. كما أن التحكم فى عمليات تحضير المواد بدقة عالية مع التسخين المباشر لمواد التفاعل يجعل التسخين بالموجات الميكرونية من أهم الوسائل لتوفير الطاقة فمن الناحية الاقتصادية فإنها تخفض تكلفة العمليات التي تجرى فى البلمرة.

يتكون مجال الترددات الراديوية من مركبتين، كهربائية ومغناطيسية (أي مجال كهربائى، وآخر مغناطيسي). ويعبر عن شدة مجال **RF** بدلالة الوحدات الخاصة المستخدمة فى قياس كل من المركبتين. أي وحدة الفولط لكل متر (**V/m**) التي تستخدم فى شدة المجال الكهربائي ووحدة الأمبير لكل متر (**A/m**) التي تستخدم للتعبير عن المجال المغناطيسي.

الوحدة الأخرى ذات الاستخدام الشائع فى وصف مجال **RF** الكهرومغناطيسى هي كثافة القدرة وتستخدم كثافة القدرة عندما تكون نقطة القياس بعيدة بقدر كاف عن جهاز إرسال **RF**. وتعرف كثافة القدرة بأنها القدرة لكل وحدة مساحة. ويمكن التعبير عنها، على سبيل المثال، بدلالة المللي واط / سم2

(mw/Cm^2) أو بالميكرو واط لكل سم2 ($\mu w/Cm^2$)

$10^{-3}W = 1mw, 10^{-6}w = 1\mu w$

فى منطقة الميكروويف أو الترددات الأعلى من ذلك تستخدم وحدة كثافة القدرة للتعبير عن الشدة نظرا لأن التعرض يمكن أن يتم فى المجال البعيد.

2.4 التأثيرات الحرارية لأشعة RF

Thermal Effects of RF Radiation

من المعروف جيدا أن الطاقة الكهرومغناطيسية تسبب تسخينًا حراريًا للأنسجة الحية. أفران الموجات الميكرونية (الميكروويف) تستخدم الطاقة الكهرومغناطيسية لتسخين وطهى الطعام. أفران الميكروويف(Raytheon1947) هى فى الأساس متذبذبات المجنترون (أنبوبة إرسال الرادار / فجوة) تعمل عند 2.45GHz (بعض الأنظمة التي ظهرت فى أواخر التسعينات 1990 ترسل عند 5.8GHz. وتكون كمية التسخين دالة للقدرة المنقولة ودورة التشغيل (الزمن). أقصى تسخين سطحي نتيجة تعريض إنسان عادى للترددات الراديوية RF يحدث عند ترددات تتراوح بين 30MHz إلى 120MHz.

يعتمد تسخين الأنسجة على تردد المصدر وثابت العزل، المحتوى المائي وسمك الأنسجة. وكلما كانت موصلية الأنسجة عالية كلما كانت الطاقة الممتصة والحرارة المتولدة أكثر. يحتاج تسخين الأنسجة إلى كمية ضخمة نسبيا من الأشعة. مستويات الأشعة المنخفضة إلى الحد الذي لا ينتج عنه حرارة قد يكون لها تأثيرات أخرى على المستوى الخلوي، علما بأن معظم الخبراء لا يوافقون على ذلك. ويعتقد البعض منهم أن معظم التأثيرات الصحية غير الحرارية تحتاج مستويات مجال أعلى بكثير مقارنة بتأثيرات التسخين الحراري.

المجالات القوية لدرجة كافية لإحداث تسخين تحتاج من مئات إلى آلاف الواط. التسخين الموضعي لحوالي واحد واط لكل كيلوجرام يمكنه إتلاف الأورام. درجة حرارة الأورام ترتفع إلى ما بين 43 – 45 درجة مئوية. أنطقة

التردد المحددة للاستعمال الطبي والتي تشمل 2450, 915, 40.68, 27.12, 13.56 MHz (بعض أفران الميكروويف تعمل عند 2.45GHz)، وترددات أخرى أظهرت نتائج أفضل فى بعض الحالات، المجالات التي تسبب تسخين معتدل فى إمكانها تعزيز شفاء الأنسجة أو ارتخاء العضلات.

3.4 فقد العزل الكهربائي Dielectric Loss

يعتمد نموذج تسخين العينة التي يتم تسخينها، جزئيا، على معامل التبديد Dissipation Factor للعينة (tanδ)، ومعامل التبديد هو النسبة بين فقد العزل الكهربائي للعينة أو معامل الفقد Loss Factor (ε") وثابت العزل لها (ε') أى أن

$$\tan\delta = \varepsilon'' / \varepsilon'$$

ثابت العزل يقيس قدرة العينة على اعتراض (إعاقة) طاقة الميكروويف عند المرور خلالها. معامل الفقد يقيس قدرة تبديد العينة لهذه الطاقة. وتستخدم كلمة الفقد لتوضيح كمية طاقة الميكروويف الداخلة التي تفقد فى العينة وتبدد فى صورة حرارة.

عندما تخترق طاقة الميكروويف مادة فإن هذه المادة سوف تمتص تلك الطاقة بمعدل يعتمد على معامل التبديد لها. يعتبر الاختراق لانهائي فى المواد التي تنفذ طاقة الميكروويف، ويعتبر صفر فى المواد التي تعكسها مثل المعادن. يعتبر معامل التبديد كمية محددة للمواد التي تمتص طاقة الميكروويف. نظرا لأن الطاقة تمتص وتبدد بسرعة عندما تمر إلى العينة فإنه كلما كان معامل التبديد كبيرا كلما قل عمق اختراق الطاقة عند تردد معين. يعرف عمق نصف القدرة Half-Power Depth بأنه المسافة من سطح العينة التي تنخفض عندها كثافة القدرة إلى نصف قيمتها عند السطح. يتغير عمق نصف القدرة مع خواص العزل للعينة وعكسيا تقريبا مع الجذر التربيعي للتردد.

تفقد طاقة الميكروويف فى العينة بآليتين هما: التوصيل الأيونى ودوران ثنائي القطب.

1- التوصيل الأيونى Ionic Conduction

التوصيل الأيونى هو عبارة عن الهجرة الانتقالية للأيونات المتحللة بواسطة المجال الكهرومغناطيسى المطبق عليها، وينتج عن تدفق التيار فقد قدرة I^2R (فى صورة حرارة) بسبب مقاومة تدفق الأيونات. كل الأيونات فى المحلول تساهم فى عملية التوصيل، لكن الكسر الذي يحمله نوع معين يحدده تركيزه النسبي وخاصية حركته فى الوسط. إذن يعتمد الفقد نتيجة الهجرة الأيونية على حجم وشحنة وموصلية الأيونات المتحللة وتأثير التفاعل المتبادل بين الأيونات وجزيئات المذيب.

العوامل التي تؤثر على التوصيل الأيونى هي تركيز الأيون وحركته ودرجة حرارة المحلول. كل محلول أيونى سوف يكون له على الأقل صنفين من الأيونات (مثلا أيونات Cl^-, Na^+) وكل صنف سوف يوصل تيارا تبعا لتركيزه وحركته. وقد أوضحت الدراسات أن الزيادة فى تركيز الأيونات سوف تزيد معامل التبديد. ومساهمة التوصيل الأيونى فى تسخين الميكروويف تظهر فى الزيادة الكبيرة لمعامل التبديد عند إضافة Nacl للماء. ويتغير معامل تبديد المحلول الأيونى مع درجة الحرارة لأن درجة الحرارة تؤثر فى تركيز وحركة الأيونات.

2- دوران ثنائي القطب Dipole Rotation

يقصد بدوران ثنائي القطب توجيه (أو تصفيف) (نتيجة المجال الكهربائي) الجزيئات فى العينة التي تمتلك عزم ثنائي قطب دائم أو مستحث. عندما يزداد المجال الكهربائي لطاقة الميكروويف فإنه يوجه الجزيئات المستقطبة فى صفوف. وعندما يقل المجال ترجع الفوضى المستحدثة حراريا. عند إزالة المجال يعيد التهيج الحراري الجزيئات إلى الوضع غير المرتب فى زمن استرخاء t . وتنطلق الطاقة عند 2450 مليون هرتز، تصفيف الجزيئات وما يليه من عودة عدم الترتيب يحدث

$4x10^9$ مرة فى الثانية وينتج من ذلك تسخين سريع جـدا. علـى أي حـال، تعتمـد كفاءة التسخين بدوران ثنائي القطب على خاصـية زمـن الاسـترخاء العـزلي الـذي يعتمد بدوره على حرارة ولزوجة العينة.

4.4 الخواص الكهربائية للمادة الحية

Electrical Properties of Living Matter

تظهر المادة الحيـة العديـد مـن الخـواص الكهربائيـة كمـا تولـد مجـالات كهرومغناطيسية متنوعة صـغيرة نـسبيا. يـستخدم الأطبـاء الخـصائص الكهربائيـة للجسم المعروفة والمعتمدة لتحديد مشاكل الصحة والتـشخيص. ونـذكر فيمـا يلـي نبذة مختصرة عن الخواص الكهربائية للمادة الحية.

1- تتكون الألياف العصبية من غشاء أسـطواني مـع مـائع موصـل بـداخل مـائع موصل آخر وفرق جهد حوالي 0.1 فولط بين المـائعين. والنبـضة تجعـل الغـشاء بين المائعين أكثر نفاذية للأيونات مؤقتا ويهبط فـرق الجهـد. تـسير النبـضة 98 قـدما فى الثانيـة تقريبـا (30m/s) أو حـوالي 67 مـيلاً فى الـساعة (108Km/h).

2 – الطاقة الميكانيكية من انحناء أو إجهاد العظـام تحـدث جهـدا كهربائيـا ضـعيفا حوالي عدد قليل من المللى فولط عبر واحد سنتيمتر وتردد ضعيف نسبيا.

3- جهاز رسم القلب الكهربائي EKGS يقيس فرق الجهـد بـين الـصدر والظهـر لدراسة وظائف القلب. قلب الإنسان له أيـضا مجـال كهربـائي بـالقرب مـن السطح (سطح القلب) يتراوح بين 10و1 فولط لكل متر (V/m).

4- جهـاز رسـم المـخ الكهربـائي (EEGS) يقـيس فـرق الجهـد، فى حـدود الميكروفولط، فى فروة الرأس (جلد الرأس Scalp)، وهـى مقـاييس لوظـائف المخ.. ورسم EEG (موجات المـخ) يختلـف مـن شـخص لآخـر ويتـشابه للتوائم، ويتشابه لتـشوهات معينـة للمـخ مثـل الـصرع Epilepsy وأورام

المخ، تلف المخ، التهاب الدماغ أو سرطان الدماغ Encephalitis..إلخ. عند الراحة بدون نوم، سوف يسجل الجزء الخلفي من الرأس موجات ألفا (إيقاعات ألفا Rhythms Alpha) و ترددها من 8 إلى 12 هرتز. موجات بيتا من 18 إلى 25 هرتز، ترتبط بالوظائف الحسية وتكون أصغر فى المقدار من موجات ألفا، فى حالة الغيبوبة (Comas) تكون المعدلات من 1 إلى 3 هرتز بالقرب من المساحة التالفة من المخ. موجات بيتا من 4 إلي 7 هرتز تكون طبيعية فى الرضع والأطفال الصغار وليست طبيعية فى الكبار.

5.4 تفاعلات المجالات مع الأنظمة البيولوجية

Interaction of Fields with Biological Systems

مجالات RF الضعيفة لا تكفى لإحداث تسخين لكنها قادرة على حث جهد يتراوح مقداره من 1 إلى 1.5 مللي فولط لكل سم (من 0.10 إلى 0.15 فولط لكل متر) وهذا يساعد على التئام كسور العظام. وقد بينت التجارب أن هشاشة العظام – النقص فى كتلة العظام – يمكن إيقافه أو تعويضه بأشعة RF النبضية، شكل وزمن النبضات مهم للغاية لتسريع التئام العظام والتأثير على هشاشة العظام. وقد بينت الدراسات أن هناك تفاعلات للترددات الراديوية أساسها التأثير الحراري. وكما وضحنا من قبل، مجالات RF تسخن النسيج بتذبذب جزيئاته. المجالات الأضعف يمكن أن تحث تيارات كهربائية فى أو على النسيج، وكلما زادت شدة المجالات كلما أصبحت التيارات المستحثة أضخم. المجالات الكهربائية والمغناطيسية يمكن أن تنتج قوى ضعيفة من نوع قوى لورنتز التي يمكنها التأثير على الجسيمات المشحونة (الأيونات) على المقياس الجزيئى. وقوة لورنتز هي القوة التي تؤثر على الشحنات المشحونة المتحركة نتيجة وجود مجال كهربائي ومغناطيسي ويمكن أن تعزز كيمياء الخلية ضخ الأيونات. وفيما يلي بعض تأثيرات الأشعة الكهرومغناطيسية على الخلايا الحية. ومعظم إن لم يكن كل هذه التأثيرات يعتمد أساسا على التردد والتضمين ومقدار المجال.

1- انقسام جزيئات DNA فى مخ فئران التجارب.

2- الجسيمات العالقة عشوائيا - مثل الكرات الدهنية وبكتريا القولون E تصطف مع بعضها البعض فى اتجاه المجال.

3- الجسيمات غير الكرية (مثل E.Coli) تأخذ خطًا عموديًا أو فى اتجاه المجال الكهربائي اعتمادا على التردد.

4- حركة الجسيمات.

5- موت الخلية من إتلاف الأغشية.

6- انصهار الخلايا.

وقد ارتبطت أشعة RF بالتأثيرات البيوكيميائية، وتأثيرات المناعة، أمراض الزهايمر والباركنسون (فقد الذاكرة، الشلل الرعاش) والسرطان _ والمياه البيضاء(كتاراكت)، أو عتامة عدسة العين والتغيرات السلوكية. الدراسات التي أجريت فى الاتحاد السوفيتي القديم. ذكرت أن بعض الترددات سببت تغيرات سلوكية للإنسان.

6.4 التأثيرات البيولوجية - الدراسات والتقارير

يحدث التأثير البيولوجي عندما يمكن قياس تغير فى النظام البيولوجي بعد تعرضه لنوع معين من الطاقة. على أي حال مشاهدة تأثير - فى حد ذاته - لا يعنى وجود خطر بيولوجي. التأثير البيولوجي يمكن أن يمثل خطرا فقط عندما يسبب إتلافا ملحوظا لصحة الفرد أو لنسله أو نتاجه.

التأثيرات البيولوجية التي تنجم عن تسخين الأنسجة بطاقة RF تعرف بالتأثيرات الحرارية. ومن المعروف منذ العديد من السنين أن التعرض لمستويات عالية قد يكون مؤذيا أو خطرا نتيجة لأن هذه الطاقة لديها القدرة على تسخين الأنسجة البيولوجية بسرعة. هذه هي القاعدة التي تطهى بها أفران الميكروويف

الأطعمة، والتعرض لكثافة قدرة عالية من RF مثلا فى حدود $100mw/Cm^2$ أو أكثر يمكن أن تسبب تسخينا واضحا للنسيج البيولوجي وزيادة فى درجة حرارة الجسم. إتلاف أنسجة الإنسان يمكن حدوثه أثناء التعرض لمستويات عالية من RF بسبب عدم قدرة الجسم على تبديد أو التعامل مع الحرارة الزائدة التي يمكن أن تتولد تحت ظروف معينة، التعرض لطاقة RF عند مستويات كثافة طاقة من $1 - 10\ mw/Cm^2$ فما أعلى، قد ينتج عنه تسخين للأنسجة البيولوجية يمكن قياسه لكن هذا لا يعنى بالضرورة أنه سوف يسبب إتلافا للأنسجة. يعتمد مقدار التسخين على العوامل التالية:

1- تردد الأشعة

2- حجم وشكل ووضع الجسم المعرض

3- فترة التعرض

4- ظروف البيئة

5- قدرة أو فاعلية تبديد الطاقة

من المعروف جيدا أن العيون والخصية هي أكثر الأجزاء فى جسم الإنسان تضررا بسبب نقص تدفق الدم النسبي لتبديد الحرارة الزائدة، نظرا لأن دورة الدم تعتبر من أعظم آليات الجسم للتعامل مع الحرارة الزائدة. التجارب المعملية قد بينت أن التعرض لفترات قصيرة (من 30 دقيقة إلى 60 دقيقة) لمستويات عالية من أشعة RF (من 100 إلى 200 مللى واط/سم2) يمكن أن يسبب مياه بيضاء (كتاراكت) للأرانب. العقم المؤقت، الناتج عن هذه التأثيرات مثل التغيرات فى عدد وإمكانية حركة الحيوانات المنوية، يكون ممكنا بعد تعرض الخصية إلى مستويات عالية من أشعة RF أو لأي أشعة تسبب زيادة فى الحرارة.

وقد أثبتت الأبحاث أن مستويات طاقة RF التي يتعرض لها عامة الجمهور من البيئة المحيطة تكون أقل بكثير جدا عن المستويات التي تسبب تسخينا أو زيادة فى درجة حرارة الجسم. على أي حال، يمكن أن يكون هناك حالات على وجه

الخصوص،مثل بيئة أماكن العمل بالقرب من مصدر RF ذي قدرة عالية عن الحدود المسموح بها للتعرض الآمن للإنسان. فى هذه الحالة يجب قياس مستويات طاقة RF لضمان الأمان.

بل إضافة إلى الشدة، يمثل التردد عاملا مهما جدا فى تحديد كمية الطاقة الممتصة ومن ثم مقدار الضرر.

تخترق مجالات RF الجسم إلى مدى معين يقل مع زيادة التردد. ولكي نفهم التأثيرات التي تسببها للأنسجة البيولوجية، يتحتم تحديد مقدار المجالات داخل الأجزاء المختلفة من الجسم التي تتعرض لهذه المجالات. هذا يتطلب معرفة الخواص الكهربائية للأنواع المختلفة من النسيج، وبمجرد تحديد ذلك، يكون من الممكن حساب E & B الناتجين عن مصدر معين من الأشعة (مثل التليفون المحمول) عند كل جزء من الجسم. معدل امتصاص كتلة معينة m من النسيج للأشعة هو $m\sigma E^2/\rho$ حيث ρ و σ هما الموصلية وكثافة النسيج على التوالي و E هي المجال الكهربائي. يطلق على $\sigma E^2/\rho$ معدل الامتصاص النوعي للطاقة أو SAR، تقاس بالواط لكل كيلوجرام W/Kg، وتتغير من نقطة إلى أخرى فى الجسم لأن المجال الكهربائي يتغير مع المكان ولأن الموصلية تختلف حسب نوع النسيج. الكثافة تكون نفس الشيء للأنسجة البعيدة عن العظام حيث إن القيم المتوسطة للموصلية عند 900 MHz وكثافة نسيج الجسم هما 1S/m و0.001 Kg/m^3 على التوالي، القيمة الاعتيادية للمجال الكهربائي المطلوب لإنتاج SAR قيمته 1w/kg تكون حوالي 30V/m . (القيمة المتوسطة للموصلية تكون أعلى إلى حد ما عند 1800 MHz لذلك مجالات كهربائية أقل بحوالي 25V/m تكون مطلوبة). SAR الناتجة عن قيمة معينة من المجال الكهربائي تكون أكبر إلى حد ما فى الأطفال عن الكبار لأن أنسجتهم تحتوى عادة على عدد أكبر من الأيونات ولذلك يكون لديهم موصلية أعلى. من المهم أن نركز على أن هذه هي المجالات الكهربائية داخل الجسم. المجالات خارج الجسم والتي تقابل هذه المجالات الداخلية عادة تكون أكبر ثلاث مرات. لقد استقر الرأى على أن الأشعة الكهرومغناطيسية

يمكن أن تمتص بكميات محددة فقط من الطاقة " hυ " (h ثابت بلانك). ولأن الطاقة المطلوبة لإزالة إلكترون من ذرة أو جزيء (تأين) تساوى عددا قليلا من الإلكترون فولط (ev) { إلكترون فولط هو الطاقة اللازمة لتحريك إلكترون شحنته e من لوح موصل بالأرض إلى لوح أخر تحت جهد سالب قدره واحد فولط. لذلك إذا كانت كمية الطاقة أقل من حوالي واحد إلكترون فولط يكون من غير الممكن حدوث تأين }. طاقة كم الأشعة الراديوية RF تقل، فى الواقع، آلاف المرات عن واحد إلكترون فولط، لذلك أشعة RF لا يمكنها تأيين الذرات أو الجزيئات وتصنف على أنها أشعة غير مؤينة (NIR). على أي حال، الأشعة ذات الترددات الأعلى مثل الأشعة فوق البنفسجية البعيدة وأشعة X عندها طاقة كم أكبر من واحد إلكترون فولط، لذا يمكنها بسهولة تأيين الذرات والجزيئات، وتسبب بعض الإتلاف للأنسجة البيولوجية و الجزيئات البيولوجية مثل DNA حتى لو كانت عند شدات منخفضة جدا. يطلق على هذه الأشعة، الأشعة المؤينة. ويعتقد أن الأشعة الكهرومغناطيسية غير المؤينة، غير ضارة عند الشدات المنخفضة جدا، بالرغم من أنها يمكن أن تتلف عند الشدات العالية. على سبيل المثال، الضوء عند شدات معتدلة يحدث تغيرات بيولوجية مهمة تسمح لنا برؤية الأشياء المضيئة. على أي حال، إذا أصبحت شدة الضوء عالية جدا يمكن أن تتلف العين بشدة. الشدة العالية جدا من أشعة RF يمكن أن تتلف ويتضح ذلك من تأثيرات التسخين القوية فى أفران الميكروويف. لذلك نحتاج إلى معرفة عند أي شدة تبدأ الأشعة فى إحداث إتلاف. وهذا، عادة يتوقع أن يكون أعلى من أقل شدة يمكن عندها اكتشاف التأثيرات البيولوجية.

ونذكر فيما يلي بعض مصادر الترددات الراديوية التي يتعرض لها الجمهور- ومستويات التعرض.

7.4 مصادر الترددات الراديوية التى يتعرض لها الجمهور

1- الرادار

رادار المرور بالموجات الميكرونية قد ارتبط بالتأثيرات الصحية الضارة لعدد من رجال مكاتب الشرطة الذين يستخدمون رادارات المرور (أشعة ذات مستويات منخفضة من الميكروويف) لفترات طويلة (عدد من الساعات لعدة سنوات). حتى الوقت الراهن لم تستطع الجمعيات العلمية الوصول إلى الآلية التي تربط رادار المرور بالتأثيرات الصحية الضارة (هذا لا يعني أنه لا يوجد). كما أن البيانات عن علاقة رادار المرور بالصحة مازالت نادرة.

القوات الجوية الأمريكية US Air Force أشرفت على دراسة على الفئران المعرضة لنبضات الموجات الميكرونية عند 24.5GHz. من المعروف أن رادار المرور نطاق K يعمل عند حوالي 24.250GHz – 24.025 (أي أقل بمقدار 250M Hz – 475) واستخدمت الدراسة أيضا الموجات الميكرونية النبضية علما بأن رادار المرور غير نبضي (مستمر). بينت الدراسة زيادة واضحة فى الأورام السرطانية ولاحظت تأثيرات فى الغدة الكظرية ونظام الغدد الصماء. اقترح هذا الفحص طبقا لتوصيات كل من المعهد الأمريكي الوطني للمعايرة ANST و معهد الهندسة الكهربائية والإلكترونية IEEE أن أقصى تعرض مسموح للإنسان منخفض جدا، حدود تعرض الإنسان يجب أن تكون فى ظروف اضطرارية.

وقد نشرت لندن تايم فى ديسمبر 1998 أن الدكتور هنري Henery Lar، الخبير فى الإشعاع غير المؤين أعلن أن أشعة الموجات الميكرونية ذات المستوى المنخفض تقسم جزيئات DNA (هو DeoxyribonucleicAcid، معقد، فى العادة مركب كيميائي لولبي الشكل وهو المادة التي تكون المادة العضوية للجينات والكروموزومات). انقسام جزيئات DNA فى المخ يرتبط بالزهايمر Alzheimer وأمراض الشلل الرعاش Parkinson والسرطان .

العديد من الدراسات عن التأثيرات الصحية والتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية التي أجريت منذ 1948م قد توصلت إلى مناقشات مختلفة ومتعارضة، الكثير من البحوث الأولى ركزت على تأثيرات التسخين الحراري للإشعاع الكهرومغناطيسى وبينت بعض الدراسات التي.تلت ذلك أن التفاعلات الناتجة عن التعرض EMF لم تفسر على أساس التسخين الحراري. الخبراء أو المتخصصون مازالوا غير متفقين دائما على مستويات وأنواع المجالات الكهرومغناطيسية التي تؤثر على الصحة .

2- أفران الميكروويف Microwave Ovens

من المعروف جيدا أن الطاقة الكهرومغناطيسية تسبب تسخينا حراريا للأنسجة الحية. أفران الموجات الميكرونية (الميكروويف) تستخدم الطاقة الكهرومغناطيسية لتسخين وطهى الأطعمة. تستخدم أفران الميكروويف(Raytheon1947) متذبذبات المجنترون Magnetron Oscillators (مولدات الميكروويف) (أنبوبة إرسال الرادار \ فجوة) التي تعمل عند 2.45GHz. (بعض الأنظمة التي ظهرت فى التسعينات 1990's ترسل عند 5.8GHz. وتكون كمية التسخين دالة للقدرة المنقولة ودورة التشغيل (الزمن). الطاقة الاعتيادية من أنظمة الميكروويف تكون فى حدود من 600 – 700 واط. هكذا فى حدود 5 دقائق يصل تجويف الفرن 43000 سعر تقريبا لتسخين الجسم فى داخله. أقصى تسريب مسموح من أفران الميكروويف – طبقا لتوصيات الهيئات الدولية المعنية بذلك – هو 5 ملليي واط (أو 5 من الألف من الواط) لكل سنتيمتر مربع (فى حدود مساحة سطح قرص أسبرين) عندما تقاس على بعد بوصتين (5سم) من سطح الفرن. على أي حال، كلما ابتعدنا عن الفرن يقل مستوى التعرض لأي طاقة مسربة من الفرن.

حتى الآن سيظل السؤال: هل التعرض للمستويات المنخفضة من أشعة الميكروويف يمثل خطرا على الإنسان؟. الأبحاث السوفيتية أعطت بعض التقارير،

وقد ركز علماء U.S.S.R على التعرض لمستويات مختلفة من الميكروويف لفترات طويلة أو التعرض المتكرر. وأظهرت نتائجهم أن التعرض لمستويات منخفضة من طاقة الميكروويف لفترة طويلة ينتج عنه تأثيرات غير سارة ليس سببها الوحيد التأثير الحراري. لذا وضعت U.S.S.R وبعض الدول الأوروبية الأخرى إرشادات دقيقة خاصة بهم لضمان الأمان من الميكروويف، فمثلا، يضطر العاملون الروس إلى ارتداء عوينات خاصة Goggles (لوقاية العين) عند أي وقت يتعرضون فيه مؤقتا لمستوى واحد مللي واط لكل سنتيمتر مربع من أشعة الميكروويف، نتذكر أن المعيار الأمريكي هو 5 مللي واط لكل سنتيمتر مربع.

وينبغى على الذين يتعرضون لفترات متكررة لمستوى منخفض من أشعة الميكروويف مراعاة الاحتياطات التالية:

1- الابتعاد حوالي طول ذراع عن الفرن أثناء تشغيله.

2- عدم تشغيل الفرن وهو فارغ.

3- عدم تشغيل الجهاز وهو غير مغلق جيدا أو عندما يكون به تلف.

4- ممنوع العبث فى مفتاح الأمان.

الكميات الكبيرة من الميكروويف يمكن أن تستخدم لتسخين الأجسام. يستخدم فرن الميكروويف مستوى طاقة معين يتفاعل مع جزيئات الماء. جزيئات الماء تمتص هذه الطاقة وتتذبذب - وتتولد الحرارة التي تسخن جزيئات الماء والجزيئات المجاورة لها. وحيث إن الطعام يحتوى الماء فإنه سوف يسخن بينما الأواني المصنوعة من مواد لا تحتوى الماء لا تسخن. فرن الميكروويف معتم للميكروويف، لكن النافذة الزجاجية منفذة للضوء المرئي لذلك فأنت تستطيع أن ترى طعامك دون أن يتسرب الميكروويف.

لماذا نرى إشارات تقول انتبه فرن الميكروويف يعمل؟.

فرن الميكروويف يمكن أن يبعث كميات صغيرة من طاقة الراديو التي

تستطيع التداخل مع المنظم الصناعي. هـذه الإشـارات هـي تحـذير للنـاس الـذين يستخدمون منظم نبضات القلب. بالمثل المستشـفيات تسـألك لا تسـتخدم التليفـون المحمول فى المستشفى لتفادى احتمال تداخل الميكروويف مع الأجهزة الطبية.

السؤال الآن هو: ما هي مستويات الأمان للتعرض؟

فى الواقع، لا أحد يعرف بالتأكيد. العديد مـن المعامـل الأمريكيـة وجـدوا أن المستويات المنخفضة من التعرض للميكروويف يمكـن أن تسـبب تـأثيرات تراكميـة على العيون ينتج عنها مياه بيضاء (عتامة العدسة). والأبحـاث سـجلت أيضـا نقصـا فى كفاءة الأفراد، وصلة محتملة بالسرطان. قد اتفـق البـاحثون علـى أنـه لا يوجـد تأثير حراري من الميكروويف التي يتعرض لها كثير من الناس علـى المسـتوى اليـومي. والسؤال ما هي درجة الخطر الذي يمثله هذا التأثير غـير الحـراري؟. للإجابـة علـى هذا السؤال يجب أن نتعامل مع الاختلاف الجـدلي بـين التـأثير البيولـوجي البسـيط والخطر البيولوجي الشديد. فمثلا النقص فى القدرة على عمل معين قـد يكـون سـببه التأثير ولكن عند أي حد يكون هذا التأثير خطيرا.

تأثيرات التعرض لمستويات منخفضة من الميكروويـف لمـدة طويلـة وعلاقتـها بصحة الإنسان سوف تتضح فقط بعد تعرض عدد كـبير مـن النـاس للميكروويـف مع استمرار الدراسات لسنوات عديدة. من ناحيـة أخـرى، تـتم الدراسـات علـى الحيوانات ولكن من الصـعب ترجمـة تـأثيرات الميكروويـف علـى الحيوانـات إلى التأثيرات المحتملة على الإنسـان، ولكـن الخـبراء ينصـحون بعـدم التعـرض غـير المطلوب للأشعة، مهما كان نوعها.

يتكون فرن الميكروويف من:

1- دائرة تحكم المجنترون

2- مجنترون

3- موجه الموجة

4- غرفة الطهي

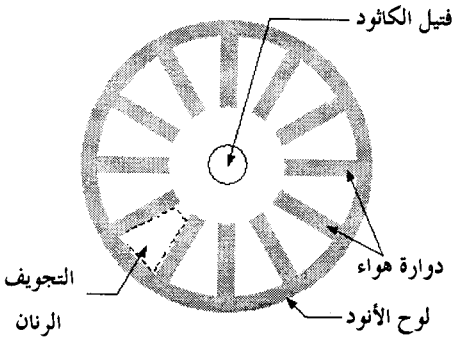
يعمل الفرن بتمرير أشعة الميكروويف، عادة عند تردد 2450 مليون دورة فى الثانية (2450MHz)، خلال الطعام. تمتص جزيئات الماء فى الطعام الطاقة من حزمة الميكروويف فى عملية يطلق عليها تسخين العزل الكهربائى. كل جزيء ماء يمثل ثنائي قطب بمعنى أنه يمتلك شحنة موجبة عند إحدى نهايتيه وشحنة سالبة عند النهاية الأخرى، لذلك فإنه يلتوي إلى الأمام والخلف عندما يحاول توجيه نفسه مع المجال الكهربائي المتردد الناتج عن حزمة الميكروويف. ينشأ عن هذه الحركة الجزيئية حرارة. يفسر التسخين بالميكروويف أحيانا بطريقة خاطئة على أساس أنه رنين Resonance لجزيئات الماء، إلا أن هذا يحدث فقط عند عشرات الجيجا هرتز أي عند ترددات عالية جدا.

غرفة الطهي محكمة الغلق لمنع تسرب الميكروويف إلى الجو المحيط به. باب الفرن يصنع عادة من الزجاج وله طبقة من شبكة عيون موصلة Conductive Mesh تحافظ على التدريع. وحيث إن عرض العيون أقل كثيرا من الطول الموجي 12 سنتيمتر، لا تستطيع أشعة الميكروويف المرور من الباب، بينما يستطيع الضوء ذو الطول الموجي الأقصر المرور من هذا الباب.

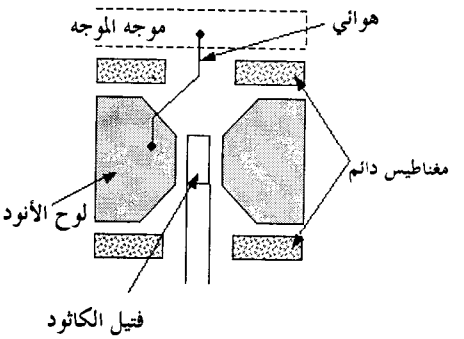
الطهي بالميكروويف سريع ومألوف، لكن توجد له مخاطر، لأن الطعام يسخن فى زمن وجيز جدا ويكون الطهي غير متساو. تستخدم أفران الميكروويف فى الغالب لإعادة تسخين الطعام السابق طهيه وقد لا تقتل إعادة التسخين الملوثات البكترية، وينتج عن ذلك تسمم الطعام. وينتج التسخين غير المتساوي جزئيا، بسبب التوزيع غير المتساوي لطاقة الميكروويف داخل الفرن، وجزئيا، بسبب تفاوت معدلات امتصاص الطاقة، فى الأجزاء المختلفة من الطعام. أمكن اختزال المشكلة الأولى باستخدام هزاز (Stirrer)، نوع من المراوح التي تعكس طاقة الميكروويف إلى الأجزاء المختلفة من الفرن عندما تدور. والمشكلة الثانية يقوم بحلها الطاهي الذي ينبغي عليه أن يغير وضع الطعام من وقت لآخر ويجنب الأجزاء التي تم طهيها.

والشكل(9) يبين المكونات المختلفة لفرن الميكروويف. يولد المجنترون الأشعة التي تنتشر تحت موجه الموجة وتتوجه مباشرة إلى تجويف الفرن حيث يوزع نظام اهزاز الطاقة القادمة فى الاتجاهات المختلفة. وكما ذكرنا سابقا فإن الطاقة الممتصة تعتمد على حجم العينة ومعامل التبديد.

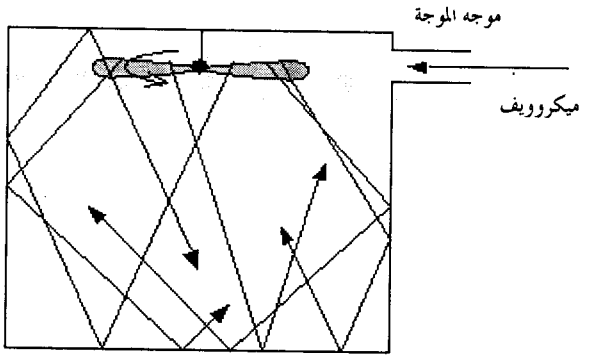
يتكون المجنترون من دايود(وصلة ثنائية) أسطواني يتكون من فوتوكاثود. يوجد فوق الدايود مجال مغناطيسي موجه مع الكاثود.



المجنترون



منظر جانبي للمجنترون

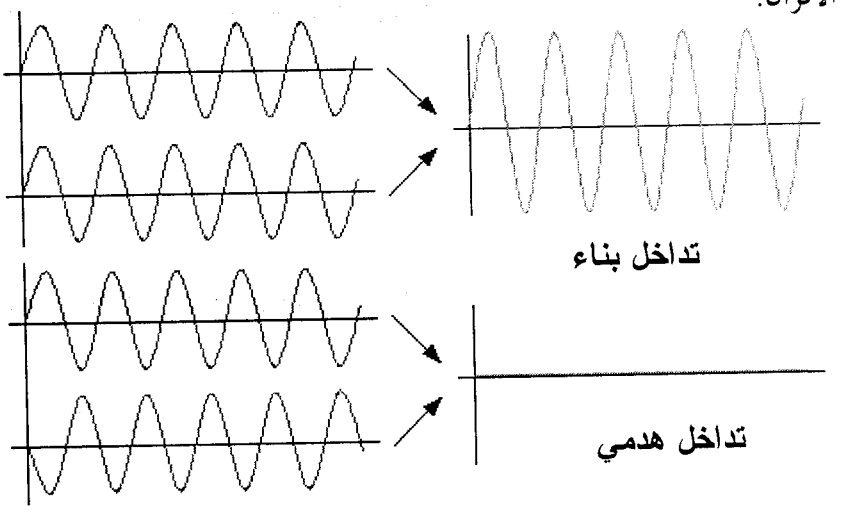


غرفة الميكروويف

شكل (9) يوضح فرن الميكروويف

كما ذكرنا فإن الميكروويف يسخن الطعام بسبب اهتزاز جزيئات الماء ونعلم أيضا أن معظم الأطعمة التى نستهلكها تحتوى على حوالي 70% من وزنها ماء وهذا يجعل الميكروويف وسيلة فاعلة فى تسخين الطعام. ونشير هنا إلى أن الجانب السلبي لهذه الطريقة أن الأطعمة ذات المحتوى المائي المنخفض تأخذ وقتا أطول حتى تسخن فى فرن الميكروويف. والأكثر من ذلك أن الأطعمة المجمدة تستغرق وقتا أطول حتى تسخن وذلك لأن جزيئات الماء هنا لا تتحرك بنفس المعدل الذي تتحرك به فى السائل. عند استخدام الميكروويف، لا ترتفع درجة حرارة الطعام المسخن أعلى من نقطة غليان الماء $100^{o}C$، وهذا هو السبب فى أن الطعام لا يكتسب اللون البني.

تعتبر البقع الساخنة من أحد العيوب الكبرى للتسخين بالميكروويف. نظرا لأن أشعة الميكروويف تنعكس حول غرفة الطهي، فإنها تتفاعل مع أشعة أخرى منعكسة بطريقة ما بحيث تتكون بقع باردة وأخرى ساخنة داخل الميكروويف. والظاهرة المسئولة عن حدوث ذلك هي تداخل الموجات، فعندما تقوى القمم بعضها بعضا فى تداخل بناء لتكون بقع ساخنة أما إذا كان تداخل الموجات هدميا فإن ذلك يتسبب فى تكون البقع الباردة (شكل10). التسخين غير المتساوي الناتج عن هذه الظاهرة يمكن تفاديه باستعمال دوارة مثل التي توجد فى الطراز الجديد من الأفران.



شكل(10) يبين التداخل البناء والهدمي داخل أفران الميكروويف.

إرشادات على استخدام أفران الميكروويف

يتكون الميكروويف فى أفران الميكروويف من مجال كهربائي وآخر مغناطيسي. وبما أن المجال الكهربائي يدفع الشحنات الكهربائية، لذلك يجعل الميكروويف التيار الكهربائي يسرى خلال الأشياء المعدنية التي تقابلها. التيار لا يسبب، بالضرورة أي مشكلة فى أفران الميكروويف. فى الواقع الأشياء المعدنية تسبب مشاكل فى أفران الميكروويف فقط إذا كانت رقيقة جدا أو حادة بحيث إنها لا تسمح للتيار الكهربائي بالمرور خلالها أو عندما تكون ذات نهايات حادة بحيث إن الشحنات الكهربائية تنطلق منها كشرارة. لكن الأشياء السميكة ذات النهايات المستديرة يمكنها تمرير التيار خلالها بسهولة ولا تمتلك نهايات حادة تمكنها من إرسال شحنات فى الهواء على هيئة شرارة فهي لا تشكل أي مشكلة لأفران الميكروويف.

- الأفران العادية تسخن الأطعمة بتعرضها إلى الهواء الساخن مما يجعل سطح الطعام جافا ومقرمشا لأنها تسخن أسطحه الخارجية وتدفع الماء إلى الخروج بعيدا عن السطح. فرن الميكروويف يسخن الطعام بتسخين محتواه المائي ويطهى الطعام من الداخل إلى الخارج، الميكروويف يحرك الماء من داخل الطعام إلى الطبقة الخارجية منه. الطبقة الخارجية على وجه الخصوص تصبح مشبعة بالبخار مما يجعل جميع المواد المطهية مشبعة بالماء.

- إذا كان فرن الميكروويف لا يسرب الميكروويف، إذن لا يؤثر على هؤلاء الأشخاص الذين لايستخدمونه بتاتا. بينما إذا كانت الميكروويف تتسرب من فرن الميكروويف فى موضع معين فإنها سوف تحدث تيارا غير مرغوب فيه يتدفق فى الوصلات الكهربائية فى منظم دقات القلب. هذا بسبب أن الميكروويف تتألف من مجال كهربائي وآخر مغناطيسي، والمجال الكهربائي يؤثر بقوة على الجزيئات المشحونة. وتؤدى إلى إحساس مستخدم منظم دقات القلب بالسخونة حينما يكون فرن الميكروويف يعمل.

- لا يوجد زمن قياسي يجب أن يمر قبل تناول الطعام المسخن بفرن الميكروويف. فيماعدا الاحتياطات الواجب أخذها فى الاعتبار نحو أي نوع من الطعام الساخن، لا يوجد شيء غير آمن بالنسبة للأطعمة المطهية فى فرن الميكروويف. يمكن أن نتناول الطعام بمجرد توقف فرن الميكروويف. الميكروويف تمتص بسرعة وتتلاشى بمجرد توقف الفرن. بعد فتح باب الفرن، لن يوجد أي شيء خطر داخل غرفة الطهي أو فى الطعام.

- يجب أن تكون حذرا عند رج الطعام أو عند اختبار درجة حرارته فى أماكن مختلفة منه حتى لا تتعرض للحروق. يجب أن تكون حذرا فى حالة الأطعمة الصلبة المحشوة بمواد رطبة فمثلا فى حالة البسكويت المحشو بالزبيب يكون البسكويت جافا والزبيب رطبا وسوف يمتص الزبيب طاقة الميكروويف ويصبح ساخنا وإذا لم تتركه فترة كافية حتى يبرد فإنه يكون شديد الضرر عند البلع.

- هل الطهي بالميكروويف يؤثر على القيمة الغذائية للطعام؟. التسخين الزائد لبعض الأغذية يمكن أن يتلفها، لذلك فإن الطهي بالميكروويف يؤثر على القيمة الغذائية، لكن بقدر أقل من الطهي بالطرق العادية.

- هل يمكن وضع ترمومتر فى فرن الميكروويف؟ وهل الميكروويف لها تأثير على الترمومتر الإلكتروني؟

- بدلا من قياس" درجة حرارة فرن الميكروويف" الناس عادة يضعون الترمومترات فى الأطعمة لقياس درجة حرارة الطعام. هذه تعمل جيدا طالما أن الترمومترات لا تتفاعل مع الميكروويف بالطرق التي تجعلها إما أسخن أو غير دقيقة . الترمومترات الإلكترونية شائعة فى النهاية العالية للميكروويف. هذه الترمومترات محمية جيدا بحيث إن الميكروويف لا تسخنها أو تؤثر على قراءتها. أي أن لديها أعمدة معدنية تعكس الميكروويف، وبذلك لا تسخن بالميكروويف ونقيس فقط درجة حرارة الطعام الذي يلامسها.

- هل أفران الميكروويف تسرب الميكروويف؟. أفران الميكروويف المصممة جيدا تسرب طاقة صغيرة من الميكروويف لا تقلق، ويوجد معايير للتسرب [يمكنك استخدامها فى المنزل]كما نصحت به المنظمة الدولية للميكروويف (IMPI) و(FDA).
- لا تشغل فرن الميكروويف وهو مفتوح، الفرن سوف يبعث ما بين 500-1100 واط من الميكروويف، وأنت لا تحتاج إلى التعرض لهذا الكم الكثيف من الميكروويف.
- غرفة طهي الميكروويف لديها شبكة من الثقوب تسمح للهواء بالدخول والخروج. الثقوب فى الشبكة المعدنية صغيرة بالقدر الكافي بحيث إن الميكروويف نفسها لا يمكنها المرور خلالها وبدلا من ذلك سوف تنعكس خلفا فى غرفة الطهي ، بينما هذه الثقوب كبيرة بالقدر الذي يكفى لمرور الهواء بيسر وسهولة إلى غرفة الفرن ، فى حالة الفرن العادي تتسرب رائحة الطعام إلى المطبخ .
- المعادن التى تترك فى أفران الميكروويف أثناء الطهى سوف تحدث اضطرابات إذا.

أ- كانت رقيقة جدا

ب- إذا كان لها أطراف حادة أو نقطية.

الميكروويف سوف ترد الشحنات الكهربائية خلفا وتضغط على المعدن، إذا كان المعدن لديه طرف حاد أو نقطي، الشحنات سوف تتراكم على هذه النقط الحادة وتنطلق فى الفضاء كشرارة. لكن لأن ملعقتك سميكة وحوافها مستديرة الشحنات التي تتراكم عليها أثناء الطهي لا يكون لها أي تأثير سيىء.

3- التليفون المحمول The mobile Phone

فى السنوات العشر الأخيرة من القرن العشرين زاد الإقبال فى جميع دول

العالم على استخدام أجهزة الاتصالات اللاسلكية وعلى وجه الخصوص التليفون المحمول زيادة ملحوظة. وصاحب هذا الطلب المتزايد على أجهزة الاتصالات اللاسلكية تركيب شبكة من قواعد المحطات عبر المدن لإرسال واستقبال إشارات الاتصالات. وقد أدى ذلك إلى زيادة اهتمام الناس لمعرفة التأثيرات الصحية التي قد تنجم عن استعمال التليفونات الخلوية وأجهزة الاتصالات الأخرى فى المسكن أو فى العمل أو حتى أثناء الذهاب إلى المدرسة بالقرب من قواعد محطات الاتصالات.

تعمل أجهزة الاتصالات اللاسلكية من خلال استعمال مجالات الترددات الراديوية. وبينما تمثل الأجهزة مثل التليفون الخلوي تقنية جديدة متطورة، إلا أن مجالات الترددات الراديوية RF توجد فى بيوتنا منذ زمن بعيد. راديو FM, AM والموجات القصيرة تستخدم موجات الترددات الراديوية لنقل الإشارات كما يحدث فى التليفزيون والرادار. بالرغم أن شدة مجالات الترددات الراديوية المستخدمة فى أغراض الاتصالات منخفضة جدا إلا أن لها مخاطرها عند مستويات التعرض العالية جدا. فمثلا تسخين الأطعمة فى أفران الميكروويف التي تستخدم طاقة الترددات الراديوية RF تبرهن على فاعلية المستويات العالية من التعرض فى إحداث تغيرات مهمة فى المواد البيولوجية نتيجة التسخين.

تشير الدراسات العلمية التي تمت إلى أن التعرض لمستويات ذات شدة منخفضة من مجالات RF غير الحرارية لا تضر بصحة الإنسان أو الحيوان. على أي حال، الدراسات التي تمت فى هذا المجال والنتائج التي تم الحصول عليها ليست كاملة ولا تكفى لاستخلاص قاعدة تؤكد احتمال أن هذه التأثيرات البيولوجية غير الحرارية قد تؤدى إلى تأثيرات ضارة بالصحة. بالإضافة إلى ذلك، يكون من الصعب، دون فهم كيف تسبب مجالات RF المنخفضة هذه التأثيرات البيولوجية وضع حدود أمان للتعرضات غير الحرارية.

مجالات RF المنبعثة من قواعد محطات الاتصالات اللاسلكية والتي يتعرض لها العامة تكون ذات طاقة منخفضة إلى حد لا يجعلها تسبب تأثيرات بيولوجية أو

تأثيرات ضارة بالصحة. من المحتمل أن العاملين فى مجال الاتصالات اللاسلكية بما فى ذلك التليفون الخلوي يتعرضون إلى طاقات كافية لإحداث تأثيرات بيولوجية بالرغم أنه ليس من المعروف أن هذه التأثيرات البيولوجية تكون ضارة بالصحة.

قد عبر بعض الناس عن اهتمامهم لمعرفة ما إذا كان التعرض للترددات الراديوية من أجهزة الاتصالات يزيد من مخاطر السرطان أم لا.

الدراسات المتاحة حاليا ليست متفقة تماما فى استنتاجاتها. مستوى الدلائل ونتائج الدراسات حتى اليوم لا تدعم الاستنتاج الذى ينص على أن التعرض لمجالات RF من نوع وشدة مجالات أجهزة الاتصالات تساهم فى تطوير الأورام. بالرغم أن بعض الفحوصات قد افترضت أن مجالات RF قد تتلف DNA، إلا أن معظم نتائج الدراسات التي تمت فى كندا حتى الآن كانت سلبية.

الدراسات الطبية على تأثير مجالات RF على وظائف المخ والصحة العصبية للإنسان والتي اهتمت بنوبات الصرع واضطرابات النوم قد فشلت أيضا فى إظهار التأثيرات الصحية الضارة. حتى اليوم الدراسات التي تمت على صحة الإنسان والتي اختبرت العلاقة بين التعرض لمجالات التردد الراديوى وأنواع السرطان المختلفة، مشاكل التناسل، العيوب الخلقية، الصرع، الصداع وأيضا الانتحار لم تعط دلالات قاطعة على وجود تأثيرات صحية ضارة نتيجة التعرض لمجالات RF.

بعض شرائح السكان مثل الأطفال والنساء والحوامل والمتقدمين فى السن تكون أكثر عرضة أو أكثر تأثرا بالأخطار الصحية البيئية المختلفة. هذه الشريحة من السكان لم تجر عليها سوى عدد قليل من الدراسات بالنسبة للتعرض لمجالات RF. هذه الدراسات التي أجريت لم تكن - على وجه الخصوص - دقيقة فى تصميماتها.

والسؤال الآن هو: لماذا لا تسبب التليفونات الخلوية أو الميكروويف السرطان؟.

التليفونات الخلوية وأفران الميكروويف كليهما يستخدم الأشعة الكهرومغناطيسية. السبب الأول فى تخوف الناس هو استمرار الاعتقاد بأن الإشعاع هو المسبب للسرطان والخوف كله من مصطلح الإشعاع. والإشعاع لا يشمل فقط الأشعة النووية ذات الطاقة العالية بل يشمل أيضا الضوء المرئي الذي نرى به كل شيء من حولنا.

التليفون المحمول عبارة عن راديو منخفض القدرة يرسل ويستقبل أشعة الميكروويف عند ترددات حوالي 1800&800MHz وتشمل أنظمة الراديو الخلوية الاتصالات بين التليفون المحمول ومحطات قاعدة ثابتة. كل قاعدة محطة تغطى منطقة معينة تدعى الخلية. وتهتم الهيئات الدولية بوضع ضوابط أمان لمنع حدوث أي أضرار صحية تنجم عن تعرض الجسم بالكامل أو أي جزء منه لموجات الراديو. يمتص الجسم بعض من طاقة RF الإشعاعية، ويكون أقصى امتصاص لها عند سطح الأنسجة المحتوية على القدر الأكبر من الماء، فى الرأس أو اليد. لذلك يعبر عن التأثيرات الناتجة عن التعرض للتليفون المحمول بدلالة الطاقة الممتصة بكتلة صغيرة من نسيج الرأس. من الناحية العملية، الخارج من استعمال التليفون المحمول، يتسبب فى ترسيب كمية من الطاقة فى نسيج الرأس ومن ثم ارتفاع فى درجة الحرارة. فى المواقع التي يتعرض فيها جمهور الناس لمجالات هوائي- قاعدة محطات المحمول، من المحتمل أن يكون التعرض متجانسا على جميع أجزاء الجسم.

الموجات الراديوية التي ترسلها هوائيات قواعد محطات المحمول ضعيفة إلى حد كبير، وعلى هذا الأساس تكون التأثيرات ذات أهمية كبيرة على الأفراد الذين يكونون على بعد عدة أمتار فقط من الهوائي.

المخاوف من احتمال حدوث تأثيرات غير حرارية تنتج عن التعرض للأشعة

الكهرومغناطيسية للتليفون المحمول قد ازدادت إلى حد كبير. هذه تشمل اقتراحات بتأثيرات خبيثة على الأنسجة القابلة للإثارة الكهربائية والتي قد تؤثر على وظائف المخ والجهاز العصبي.

الموجات الراديوية لا تمتلك طاقة كافية لإتلاف المادة الجينية (DNA) مباشرة ومن ثم لا تستطيع إحداث سرطان. توجد اقتراحات بأنها قد تكون قادرة على زيادة معدل تطور السرطان. علاوة على ذلك، الدليل من الدراسات التي تمت على التأثيرات المحتملة على تطوير أورام خبيثة فى حيوانات التجارب ليست مقنعة. نقص الأدلة لا يؤكد عدم وجود مخاطر.

مازال هناك أيضا هاجس حول ما إذا كان يوجد تأثيرات على وظائف المخ مع تأكيد خاص على الصداع وفقد الذاكرة. ومازالت هناك بعض الدراسات تجرى لدراسة هذا الاحتمال.

عدة اعتبارات مهمة يجب أن نتذكرها عند تقييم التأثيرات الصحية المحتملة. أهمها تردد التشغيل، أنظمة التليفونات المحمولة الحالية تعمل كما ذكرنا من قبل بين 800, 1800مليون هرتز.

كما ذكرنا، التليفون المحمول يعتبر جهاز إرسال منخفض القدرة، أقصى قدرة يبعثها تتراوح بين 0.2 إلى 0.6 واط. وترسل قواعد المحطات قدرة تتراوح بين بضع إلى مائة واط أو أكثر قليلا اعتمادا على حجم و منطقة الخلية. وهوائيات قواعد المحطات يكون عرضها عادة من 20 إلى 30 سنتيمترا وطولها مترا واحدا. ومرفوعة على مباني أو أبراج على ارتفاع من 15 إلى 50 مترا فوق الأرض. تبعث الهوائيات حزم RF، التي تكون عادة ضيقة جدا فى الاتجاه الرأسي لكنها تكون عريضة فى الاتجاه الأفقي. وبسبب الانتشار الرأسي الضيق للحزمة تكون شدة مجال RF عند الأرض أسفل الهوائيات مباشرة ضعيفة. تزداد شدة مجال RF قليلا كلما تحرك الشخص بعيدا عن قاعدة المحطة ، بعدئذ تقل عند المسافات البعيدة عن الهوائي.

قواعد محطات التليفون المحمول هي مجموعة من الراديو منخفضة القدرة متعددة القنوات مزدوجة الاتجاه. التليفون المحمول راديو منخفض القدرة قناة واحدة مزدوجة الاتجاه. عندما نتحدث فى هذا التليفون فإننا نتحدث إلى قاعدة محطة قريبة منا. من قاعدة المحطة هذه تذهب مكالماتنا التليفونية إلى نظام خط التليفون الأرضي المنتظم. التليفونات المحمولة وقاعدة المحطات مزدوجة الاتجاه وتنتج أشعة بترددات راديوية ومن ثم تعرض الناس القريبين منها إلى أشعة الترددات الراديوية، ولأن التليفونات وقاعدة المحطات ذات قدرة منخفضة (مدى قصير Short Range) فإن مستويات التعرض لأشعة RF الصادرة منها تكون عموما منخفضة جدا.

وتجمع الهيئات العلمية فى الولايات المتحدة وفى أنحاء العالم على أن قدرة هوائي Antenna قاعدة محطات التليفون المحمول منخفضة للغاية إلى قدر لا يمكنها إنتاج أي مخاطر على صحة الإنسان طالما ظل الناس بعيدين عن الاقتراب المباشر منها.

ومن المهم أن نعرف الفرق بين الهوائيات وهى الأجسام التي تنتج أشعة RF والأبراج أو الصاري، التركيب الذي يركب عليه الهوائي، والذي يجب أن يبتعد عنه الناس هو الهوائي وليس البرج الذي يمسك الهوائي. يجب أن نعرف أيضا أن هناك تصميمات عديدة ومختلفة من قواعد محطات التليفون المحمول والتي تختلف عن بعضها البعض فى قدراتها وخصائصها وفاعليتها لتعرض الناس لأشعة RF، ومن المهم أن نشير هنا إلى أنه توجد فروق تقنية بين التليفونات الخلوية والتليفونات PCS والتليفونات المحمولة المستخدمة فى الدول المختلفة، ولكن لتقييم المخاطر الصحية المحتملة يكون الفرق المهم هو أنها تعمل عند ترددات تختلف اختلافا ضئيلا، أشعة الترددات الراديوية من بعض قواعد المحطات قد تمتصها أجسام الناس بقدر أكبر بعض الشيء عن أشعة الترددات الراديوية من أنواع أخرى من قاعدة المحطات. على أي حال، بمجرد امتصاص الطاقة تكون التأثيرات نفس الشيء. ونضيف إلى ذلك أن أشعة RF من بعض الهوائيات مثل

محطات TV – VHT, FM تمتص من قبل الناس أكثر من RF من المصادر المختلفة مثل هوائيات محطات التليفون المحمول، ولكن بمجرد امتصاص الطاقة يكون التأثير نفس الشيء.

ترسل هوائيات TV, FM قدرة أكبر من 100 إلى 5000 مرة من هوائيات محطات التليفون لكنها توجد على أبراج أعلى بكثير (عادة من 800 إلى 1200 قدم).

يجب ملاحظة أن خطوط القوى لا تنتج أشعة غير مؤينة مهمة ولكنها تنتج مجالات كهربائية ومغناطيسية. وخلافا للأشعة غير المؤينة لا تشع هذه المجالات طاقة فى الفضاء وتختفي هذه المجالات عند توقف القدرة وليس من الواضح ما إذا كانت خطوط القوى تسبب تأثيرات بيولوجية أم لا، ولكن إذا حدث ذلك فإنه لن يكون بنفس الطريقة التي تحدث بها أشعة RF عالية القدرة تأثيرات بيولوجية.

8.4 الخطوط الاسترشادية الآمنة لهوائيات محطة التليفون المحمول

Safety Guide Lines for Mobile Phone Base Station Antennas

توجد مستويات أمان قومية ودولية لتعرض العامة لأشعة RF الصادرة من هوائي محطة التليفون المحمول. والمعايير التي لاقت قبولا واسعا هي تلك التي صدرت من معهد الهندسة الكهربائية والإلكترونية Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), والمعهد القومي الأمريكي للمعايرة American National Standards Institute{ANSI/IEEE} واللجنة الدولية للوقاية وقياس الإشعاع غير المؤين International Commission Non-lonizing Radiation Protection [ICNIRP] والمجلس القومي للوقاية وقياسات الإشعاع National Council on Radiation Protection and Measurements [NCRP] . ويعبر عن معايير التردد

الراديوى بكثافة قدرة الموجة المستوية والتي تقاس بـالمللى واط لكـل سـنتيمتر مربـع (mw/cm^2).

بالنـسبة لهوائيـات PCS {1800 – 2000MHz}, معيـار تعـرض الجمهـور [ANSI/IEEE 1992] هـو 1.2 مللـي واط لكـل cm^2. بالنـسبة للتليفـون المحمـول التمـاثلي (900MHz) معيـار التعـرض {ANSI/IEEE} هـو $0.57mw/cm^2$. معايير ICNRP تكون أقل قلـيلا، أمـا معـايير NCRP تكـون متطابقة.

فى عـام 1996 م أصـدرت لجنـة الاتـصالات الفدراليـة الأمريكيـة U.S. Fedral Communication Commission [FCC] خطوطـا استرشـادية Guide Lines للترددات الراديوية لهوائيـات محطـة التليفـون المحمـول. ومعـايير FCC تطابق معايير ANSI/IEEE.

معايير تعرض الجمهور تطبق على معدل كثافات القدرة لفتـرات قـصيرة حـتى 30 دقيقة فى حالة المعايير FCC, NCRP, ANSI/IEEE. (عنـد تـردد التليفـون المحمول). عند وجود هوائيات متعددة، تطبـق هـذه المعـايير علـى القـدرة الكليـة الناتجة عن كل الهوائيـات. وقـد وضـعت إرشـادات الأمـان لأشـعة التـرددات الراديوية بناء على الأسس العلمية التالية:

1- التعرض لأشعة RF يمكن أن يمثل خطرا إذا كان التعـرض شـديدا بقـدر كـاف. وتشمل الإصابات المتوقعة، المياه البيضاء (كتاراكـت) حـروق الجلـد، الحـروق العميقة أو الغائرة.

2- تعتمد التأثيرات البيولوجية لأشعة RF على معـدل الطاقـة الممتـصة، وفى مـدى واسع من الترددات {1 – 10000Hz} تكون أهمية التردد ضئيلة جدا.

3- تتناسب التأثيرات البيولوجية لأشعة RF مع معـدل امتـصاص الطاقـة وتكـون أهمية فترة التعرض ضئيلة جدا.

4- لا تظهر أي تأثيرات بيولوجيـة تحـت معـدل معـين لطاقـة امتـصاص الجـسم

الكامل، ويسمى هذا المعدل، معدل الامتصاص النوعي أو SAR.

نشير إلى أن هوائي محطة التليفون المحمول يوجد على بعد حوالي 10 أمتار من الأرض والتي تعمل عند أقصى شدة ممكنة، تصدر كثافة قدرة عالية حتى 0.01mw لكل سنتيمتر مربع على الأرض القريبة من موقع الهوائي، ولكن كثافة القدرة لمستوى الأرض سوف يكون غالبا في المدى - 0.00001 0.0005mw/cm2 وكثافات القدرة هذه أقل بكثير من كل إرشادات الأمان وقد وضعت المعايير نفسها عند مستويات أقل بكثير من المستويات التي ثبت أنها تسبب مخاطر صحية.

في حدود حوالي 200 متر من موقع الهوائي، من الممكن أن تكون كثافة القدرة أكثر عند ارتفاعات فوق قاعدة الهوائي (عند الطابق الثاني من المبنى مثلا أو عند الربوة) حتى في حالة تعدد الهوائيات على نفس البرج سوف تكون كثافات القدرة أقل بمقدار 5% من إرشادات الأمان FCC عند كل الارتفاعات وعند كل المسافات أبعد من 55 مترا من موقع الهوائي. أبعد من 200 متر من موقع الهوائي لا ترتفع كثافة القدرة مع زيادة الارتفاع. كثافة القدرة داخل المبنى سوف تكون أقل بمعامل 3 إلى 20 عن الخارج.

9.4 هوائيات الراديو والتليفزيون
Radio and Television Antennas

ترسل محطات بث الراديو والتليفزيون إشاراتها بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية RF. هذه المحطات ترسل عند ترددات RF مختلفة، اعتمادا على القناة، تتراوح من حوالي 550 كيلو هرتز للراديو AM (Modulated Amplitude) حتى 800 ميجا هرتز MHz لبعض محطات التليفزيون UHF (Ultra High Frequency) والتليفزيون VHF بين هاتين النهايتين. قدرات التشغيل (القدرة الإشعاعية المؤثرة) يمكن أن تكون صغيرة إلى حد عدد

قليل من مئات الواط بالنسبة لبعض المحطات الراديوية أو حتى ملايين الواط بالنسبة لمحطات تليفزيون معينة. بعض من هذه الإشارات يمكن أن تكون مصدرا مهما لطاقة RF فى البيئة المحلية.

كمية طاقة RF من هوائيات محطات البث التي يتعرض لها الجمهور أو العاملون تعتمد على عدة عوامل تشمل:

1- نوع المحطة .

2- مواصفات تصميم الهوائيات المستخدمة .

3- القدرة المرسلة إلى الهوائيات .

4- ارتفاع الهوائي والبعد عنها .

نظرا لأن الجسم البشرى يمتص طاقة بعض الترددات بسهولة أكثر من امتصاصه لطاقة بعض الترددات الأخرى فإن تردد الإشارة المرسلة وأيضا شدتها تصبح ذات أهمية كبيرة.

اقتراب الجمهور من هوائيات محطات البث محدود جدا وعلى ذلك لا يتعرض الأفراد إلى مستويات المجالات العالية والتي توجد بالقرب من الهوائيات. القياسات التي أجرتها EPA, FCC والهيئات الأخرى قد بينت أن مستويات إشعاع RF المحيط فى المناطق العمرانية القريبة من هوائيات محطات البث تكون عادة أقل تماما من مستويات التعرض المنصوص عليها بالمعايير والإرشادات الحالية. لاشك أن عمال صيانة الهوائيات يتعرضون لمستويات أعلى، فى هذه الحالة يلزم أخذ الاحتياطات اللازمة للوقاية.

10.4 العلاج بالميكروويف Microwave Therapy

يستخدم النفاذ الحراري Diathermy لكل من الموجات القصيرة LF والموجات الميكرونية لتسخين الأنسجة عند العمق مع الحفاظ على درجة حرارة

السطح عند الحد الأدنى. تعمل أجهزة الموجات الميكرونية (الميكروويف) عند 2450MHz، وتوجد بعض الأجهزة الأخرى التي تعمل عند 915 ± 25 MHz ولكنها أقل انتشارا. يتولد مجال RF المتذبذب من الماجنترون. يغذى الخارج منه إيريال من خلال كابل متحد المحور، ويطلق على الإيريال المستخدم ويوضع على بعد حوالي 15cm من جزء الجسم المطلوب علاجه. صمم هذا المستخدم بعد الحرب العالمية الثانية، ولكن حديثا تطور المستخدم ليعمل بالتلامس المباشر ويوضع على سطح الجلد. وتحاول هذه الطريقة تقليل الإشعاع المتسرب.

11.4 مجالات الترددات متناهية الانخفاض
Extremely Low Frequency Fields (ELF)

الخصائص الفيزيائية Physical Characteristics

تشمل منطقة ELF الطيفية الترددات بين 3000 و 3 هيرتز. فى هذا الجزء من الطيف تتغير المجالات ببطء مع الزمن والأطوال الموجية طويلة للغاية. تعتبر مجالات ELF كمجالات كهربائية ومغناطيسية منفصلة ومستقلة غير مشعة عند أي نقطة تجمع ملحوظة. تنشأ المجالات الكهربائية من الشحنات الكهربائية ويعرف المجال الكهربائي E بمقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها على وحدة الشحنة الساكنة. وحدات شدة المجال الكهربائي هي الفولت / متر (V/m) بالرغم من أنها غالبا تقدر بالكيلو فولت / متر (kV/m). كثافة الفيض المغناطيسي B يصف شدة المجال المغناطيسي، كما يصف E المجال الكهربائي. وحدات B هي تسلا (T) وهى عادة تقاس بالميكرو تسلا (MT) فى أماكن العمل. وهناك وحدة أخرى للمجال المغناطيسي B هي الجاوس G والتي تقاس بالميللى جاوس mG (T=10000G).

تنشأ المجالات المغناطيسية عن حركة الشحنات أو التيارات وهذا يطبق على

المجالات سواء كانت من خطوط القوى المغناطيسية أو الأرض. بالضبط مثل المجال الكهربائي الذى يعرف بالقوة / وحدة الشحنة. يعرف المجال المغناطيسي بمقدار واتجاه القوة المؤثرة على الشحنة المتحركة أو التيار.

التفاعلات مع المادة والإنسان Interaction with Matter and People

تتفاعل المجالات الكهربائية مع الإنسان من خلال السطح الخارجي للجسم وتستحث مجالات وتيارات داخل الجسم. تذبذب الشعر أو التهيجات الحسية (Sensorstimuli) قد تحدث فى المجالات الأكبر من 10kv/m.

المجالات المغناطيسية المتغيرة مع الزمن تنتج مجالات كهربائية وهذه تنتج تيارات فى الأنسجة تتناسب تناسبا طرديا مع كثافة الفيض المغناطيسي و تردد الاهتزازة، ونصف قطر التيار اللولبي (Current loup). أقصى كثافة للتيار الناتجة فى البيئة السكنية تكون فى حدود ميكروأمبيرات لكل متر مربع ($\mu A/m^2$) بالنسبة لأقواس اللحام الكهربائية قد تكون فى حدود ملليي أمبير لكل متر مربع أو أكثر نظرًا لأن طاقة الفوتون تتناسب طرديا مع التردد، يظهر جلياً أن مجالات ELF لا تسبب أي تأين أو تسخين. ولأن الجسم موصل جيد نسبيا فإن أعلى مجال داخلي يمكن أن ينتج عن شدة المجال الكهربائي فى الهواء يكون حوالي واحد V/m وهذا يؤدى إلى أن معدل الطاقة المنقولة لوحدة الكتلة (W/Kg) 10^{-4}واط لكل كيلوجرام. المجالات المغناطيسية النبضية يمكن أن تنتج مجالات كهربائية داخلية أعلى ولكنها تظل صغيرة جدا إلى حد أنها لاتحدث تسخين للأنسجة يمكن قياسه. أي تفاعل لمجالاتELF فى الهواء مع الإنسان تكون إذن غير حرارية.

التأثيرات البيولوجية والصحية Biological and Health Effects

حددت المنظمات الدولية حدود التعرض لمجالات EMF – ELF بناء على الصلة بين كثافة التيار والتأثيرات البيولوجية على النحو التالي:

أ – من 10– 1مللي أمبير / متر مربع: تسجيل تأثيرات بيولوجية ضئيلة.

ب – من 100 - 10مللي أمبير / متر مربع: تحدث تأثيرات مؤكدة تشمل تأثيرات على الأنظمة البصرية والعصبية.

جـ– من 1000 - 100مللي أمبير / متر مربع: يحدث حث أو تهيج مسببا مخاطر صحية ممكنة.

د – 1000مللي أمبير / متر مربع أو أعلى: انقباض للقلب وتقلص الشرايين وانقباض عضلات البطن.

والجدير بالذكرأنه عند 60Hz تؤدى المجالات المغناطيسية فى حدود 1mT إلى كثافات تيار فى حدود $6mA/m^2$.

تعتمد طبيعة التفاعل المتبادل بين المصدر الكهرومغناطيسى والمادة البيولوجية على تردد المصدر، لذلك يجب تقييم الأنواع المختلفة من المصادر الكهرومغناطيسية كل على حدة. أشعة X، والأشعة فوق البنفسجية UV والضوء المرئي، والموجات الميكرونية والترددات الراديوية، والمجالات المغناطيسية من أنظمة القوى الكهربائية (مجالات تردد قوى) والمجالات المغناطيسية الساكنة كلها مصادر طاقة كهرومغناطيسية. هذه المصادر الكهرومغناطيسية تختلف فى ترددها أو أطوالها الموجية.

تردد المصدر الكهرومغناطيسى هو المعدل الذي يغير به المجال الكهرومغناطيسى اتجاهه و/ أو سعته، وعادة تكون وحدته الهرتز Hz، وواحد هرتز هو تغير واحد دورة لكل ثانية. مجالات تردد القوى تكون 50/60 هرتز والطول الموجي حوالي 5000Km، وخلافا لذلك تردد أفران الميكروويف 2.54 بليون هرتز. وطول موجي 10cm وتردد أشعة X 10^{15} هرتز وأطوال موجية أقل من 100نانومتر. المجالات الساكنة أو التيار المستمر(DC) لا تتغير بانتظام مع الزمن ويمكن أن يقال عنها تردد عند صفر هرتز. وطول موجي لانهائي.

التأثيرات الوراثية Genetic Effects

الدراسات فى هذا المجال لم تجد تأثيرات يمكن الاعتماد عليها، ولكنها سجلت بعض نتائج إيجابية مشتتة.

التكاثر والتطور Reproduction and Development

تمت دراسات على حيوانات التجارب باختيار نوعيات معينة منها ثم تعريضها إلى مجالات E ,B. ظهرت بعض الاكتشافات الإيجابية المشتتة للحيوانات المعرضة، لكن المشاهدات لم تكن متطابقة ولم يكن لها صفة التكرارية.

اختبرت معامل فى أمريكا الشمالية وأوروبا تأثير المجالات المغناطيسية (1μT تردد 100Hz) على أجنة الدجاج Chicken Embryos. وقد أظهرت البيانات المأخوذة من معملين وبيانات الأحواض Pooled من جميع المعامل زيادة ملحوظة فى الأجنة غير الطبيعية فى المجموعات المعرضة. على أي حال قد وجد أن تأثير التعريض يختلف اختلافا واضحا من معمل لآخر.

فى دراستين على التكاثر والتطور على الفئران استخدمت كثافة فيض 1 أو 0.65 مللي تسلا عند تردد 60Hz وجد اختلاف واضح فى عدد الأجنة فى الطور الأخير من الحمل Fetuses لكل ولدة Litter فى مجموعة 1 مللي تسلا فى التجربة الأولى، ولكن هذا لم يلاحظ فى الدراسة المتكررة. وأجريت تجربة على الفئران الحوامل 0.002 (0.2 , 1 مللي تسلا عند 60Hz)، ولم توجد اختلافات واضحة عن التطور الطبيعي.

الدراسات على السرطان Cancer Studies

أجريت بعض الدراسات عن العلاقة بين التعرض لـ ELF وبعض أنواع السرطانات مثل اللوكيما (سرطان الدم) وسرطان المخ وسرطان الصدر. كانت النتائج معقدة وصعبة التفسير ولم تحقق اتجاهات واضحة وقد راجع بعض الباحثين النتائج المنشورة

واستنتجوا أن التأثير التحفيزى **Promoting Effect** للمجالات المغناطيسية تحت ظروف تعريض معينة لا يمكن صياغتها فى قواعد محددة استنادا على البيانات المذكورة.

واستنادا إلى الدراسات المكثفة المنشورة بالمراجع التي تتعلق بتأثيرات المجالات الكهربائية والمغناطيسية على الخلايا والأنسجة والكائنات الحية بما فى ذلك الإنسان نستنتج أن التعرض لهذه المجالات لا يتسبب فى وجود أي مخاطر صحية للإنسان. لا يوجد دليل قاطع وثابت يبين أن التعرض للمجالات الكهربائية والمغناطيسية السلكية ينتج سرطانا أو تأثيرات ضارة على السلوك العصبي أو تأثيرات التكاثر والتطور. بينت الدراسات التى أجريت على الخلايا والأنسجة المعزولة والحيوانات أن التعرض لمستويات أعلى من مستويات المجالات الكهربائية والمغناطيسية المستخدمة فى المساكن يمكن أن تنتج تأثيرات بيولوجية (على سبيل المثال يعجل التئام العظام) ولكن هذه التأثيرات لا تعطى صورة ثابتة عن العلاقة بين التأثيرات البيولوجية لهذه المجالات والمخاطر الصحية.

تتكون البيئة الكهرومغناطيسية العادية من مركبتين، مجال كهربائي ومجال مغناطيسى. عموما بالنسبة للمجالات المتغيرة مع الزمن، هذان المجالان يتزاوجان لكن فى حالة المجالات غير المتغيرة يصبحا مستقلين. فى حالة ترددات نقل وتوزيع القوى الكهربائية يمكن اعتبار هذين المجالين إلى حد جيد من التقريب، مستقلين بالنسبة لمجالات الترددات المنخفضة للغاية **ELF** التي تشمل خطوط القوى وأجهزة المنزل ووصلات الأسلاك، تضعف المركبة الكهربائية بسهولة بسبب العناصر المعدنية فى البناء السكنى وحتى أيضا بسبب الأشجار والحيوانات والناس. المجال المغناطيسي الذي لا يضعف بسهولة يفترض – عموما – أنه هو مصدر أي خطر محتمل على الصحة. عندما يوضع جسم الحيوان فى مجال مغناطيسي يتغير مع الزمن تستحث التيارات لتسرى خلال الأنسجة. هذه التيارات تضاف إلى تلك التي تتولد داخليا من وظيفة العصب والعضلة.

الاستنتاجات العامة من مراجعة الدراسات المنشورة والتي تتضمن دراسة تقدير التعرض والتفاعلات الفيزيائية للمجالات الكهربائية والمغناطيسية مع

الأنظمة البيولوجية هي:

1- تعرض الإنسان والحيوانات إلى المجالات الكهربائية والمغناطيسية الخارجية (60 هرتز) يستحث تيارات داخلية. وتكون كثافة هذه التيارات غير متجانسة خلال الجسم. النماذج المكانية **Spatial Patterns** للتيارات المستحثة من المجال المغناطيسي تختلف عن تلك المستحثة بالمجال الكهربائي.

2- المستويات المحيطة للمجال المغناطيسي للتردد 60 هرتز في السكن ومعظم أماكن العمل تكون عادة من **0.01 - 0.3** ميكروتسلا.

3- تعرض الإنسان إلى مجال مغناطيسي 60 هرتز عند **0.1** ميكروتسلا يتسبب في كثافة تيار أقصاها حوالي 1 ميكرو أمبير لكل متر مربع. كثافة التيار الذي ينمو داخليا على سطح الجسم (أعلى كثافة تحدث داخليا) المرتبطة بالنشاط الكهربائي للخلايا العصبية تكون في حدود واحد ميكرو أمبير/ متر مربع. الترددات المرتبطة بالتيارات المتولدة داخليا في المخ تتراوح من أقل من واحد هرتز إلى حوالي 40 هرتز وأقوى مركبات تكون حوالي 10 هرتز. إذن التيارات المستحثة الخارجية العادية تكون أقل بمقدار ألف مرة عن التيارات الموجودة طبيعيا.

4- لا توجد بيانات، متاحة سواء كانت تجريبية أو نظرية، عن كثافة التيارات المستحثة موضعيا داخل الأنسجة والخلايا والتي تأخذ في الاعتبار الاختلافات الموضعية في الخواص الكهربائية للوسط.

نظرا لأن الآليات التي من خلالها تسبب المجالات الكهربائية والمغناطيسية أثاراً صحية ضارة مازالت غامضة، فإن خصائص المجالات الكهربائية والمغناطيسية المطلوب قياسها لاختبار صلة هذه المجالات بالمرض تظل غير واضحة.

وقد توصلت الدراسات التي أجريت خارج المكان **Invitro** على التعرض لمجالات كهربائية ومغناطيسية إلى الاستنتاج التالي: التعرض للمجالات الكهربائية والمغناطيسية عند ترددات 50 أو 60 هرتز تسبب

تغيرات فى الخلايا المزروعة فقط عند شدة مجال يفوق شدة المجال الساكن المعتاد بمقدار 1000 أو 100000 مرة.

توصلت نتائج الدراسات على التأثيرات البيولوجية لترددات قوى المجالين الكهربائي والمغناطيسي على الأنظمة الحية Invivo Systems إلى الاستنتاجات التالية:

لا يوجد دليل مقنع على أن التعرض للمجالات الكهربائية أو المغناطيسية 60 هرتز تسبب سرطانا فى الحيوانات.

لا توجد مؤشرات على وجود أي تأثيرات ضارة على التكاثر أو التطور فى الحيوانات وخصوصا الثدييات، نتيجة التعرض لترددات القوى الكهربائية أو المغناطيسية 60 أو 50 هرتز.

12.4 المجالات الكهربائية والمغناطيسية الساكنة وصحة الإنسان
Static Electric and Magnetic Fields and Human Health

فى حين يتركز الاهتمام العام حول العلاقة بين المجالات الكهرومغناطيسية والسرطان، على مجالات ترددات القوى، الميكروويف MW والترددات الراديوية RF ظهرت بعض الادعاءات بأن المجالات المغناطيسية الساكنة تسبب أو على الأقل تساهم فى حدوث السرطان. يوجد سبب نظري ضعيف جدا يتوقع أن المجالات الساكنة يمكن أن تسبب أو على الأقل تساهم فى حدوث السرطان أو أي مشاكل صحية أخرى للإنسان.

والجدير بالذكر أن المجالات المغناطيسية الساكنة من الصعب تدريعها (حجبها) وتخترق المباني والناس ، وعلى اختلاف هذه المجالات فإن قدرة المجالات الكهربائية على اختراق الجلد أو المباني صغيرة جدا. ونظرا لأن المجالات الكهربائية الساكنة لا تخترق الجسم فإنه يفترض عامة أن أي تأثير بيولوجي ينتج عن التعرض الروتيني للمجالات الساكنة سوف تكون ناتجة عن المركبة المغناطيسية للمجال أو للتيارات الكهربائية المستحثة فى الجسم من المجالات المغناطيسية.

وكما ذكرنا سابقا وحدات المجال المغناطيسي الساكن هي التسلا T مللي تسلا mT وميكرو تسلا μT حيث

$T = 1000mT$
$mT = 1000\ \mu T$

وتقاس هذه الوحدة فى بعض الدول بالجاوس حيث

$1T = 10000G$
$100\ \mu T = 1G$

وتعين المجالات المغناطيسية إما بكثافة الفيض المغناطيسي أو بشدة المجال المغناطيسي.

فى الولايات المتحدة وغرب أوروبا تعين شدة المجال المغناطيسي بوحدة كثافة الفيض المغناطيسي (تسلا أو الجاوس) و فى شرق أوروبا وبلدان أخرى تعين بوحدة شدة المجال أورستد Oersteds (Oe).

فى حالة تعرض المواد غير فرو مغناطيسية non-Ferromagnetic Material مثل الحيوانات أو الخلايا يمكن اعتبار كثافة الفيض المغناطيسي وشدة المجال المغناطيسي متساويين، لذلك

1= أورستد = 1 جاوس = 0.1 مللي تسلا

المجالات المغناطيسية الشائعة فى محل الإقامة

Static Magnetic Fields Common in Residences

التعرض السكنى أو البيئي للمجالات المغناطيسية الساكنة يغلب عليه مجال الأرض الطبيعي، وهو فى حدود من 0.03 إلى 0.07 مللي تسلا اعتمادا على الموقع. المجالات المغناطيسية الساكنة تحت خطوط انتقال التيار المباشر (DC) تكون حوالي 0.02 مللي تسلا. مصادر المجالات المغناطيسية الساكنة الصناعية الصغيرة (المغناطيس الدائم) مكونات شائعة وتتراوح بين متخصصة (سماعة التحدث، المحركات التي تعمل بالبطارية، أفران الميكروويف) إلى العادية أو البسيطة(مغناطيسات المبردات). وهذه المغناطيسات يمكن أن تنتج مجالا من 1 إلى

10ملي تسلا فى حدود سنتيمتر من أقطابها المغناطيسية. وعلى أي حال أعلى مجال مغناطيسي ساكن يتعرض له الناس يأتى من تصوير الرنين المغناطيسي(MRI) حيث تتراوح المجالات من 150 إلى 2000 ملي تسلا.

المجالات المغناطيسية الساكنة الشائعة فى أماكن العمل

Static Magnetic Fields Common in Work Places

الأشخاص الذين يتعرضون لمجالات مغناطيسية ساكنة هم الذين يعملون على وحدات تصوير الرنين المغناطيسي (MRI) والذين يشغلون معجلات الجسيمات والذين يعملون فى إنتاج الألمونيوم (عمليات الإلكتروليت). وقد تبين أن العاملين فى صناعة الألمونيوم يتعرضون لمجالات من 5 – 15 ملي تسلا لفترات طويلة من الوقت، ويصل أقصى تعرض إلى حوالي 60 ملي تسلا. وسجلت دراسات أخرى أن متوسط التعرض هو من 2-4 تسلا لفترات طويلة من الزمن ويصل أقصى تعرض إلى 30 ملي تسلا. العاملون على معجلات الجسيمات يتعرضون لمجالات أعلى من 0.5 ملي تسلا لفترات ساعات كثيرة. أقصى تعريض حتى 2000 ملي تسلا. وثمة مصدر آخر للتعرض يتمثل فى المجالات المتبقية التي تتبقى بعد إزالة المغناطيس القوى، على سبيل المثال بعد إزالة وحدة التصوير بالرنين المغناطيسي من الغرفة، يتبقى مجال حوالي 2 ملي تسلا يمكن أن يتبقى من الصلب فى التركيب الذي يتمغنط بصفة دائمة. مثل هذه المجالات ليست كافية لكي نعتبرها ضارة على صحة الإنسان. ولكن يمكن اعتبارها قوية بقدر كاف للتداخل مع تشغيل الأجهزة الإلكترونية الحساسة.

العلاقة بين التعرض للمجالات المغناطيسية الساكنة والسرطان

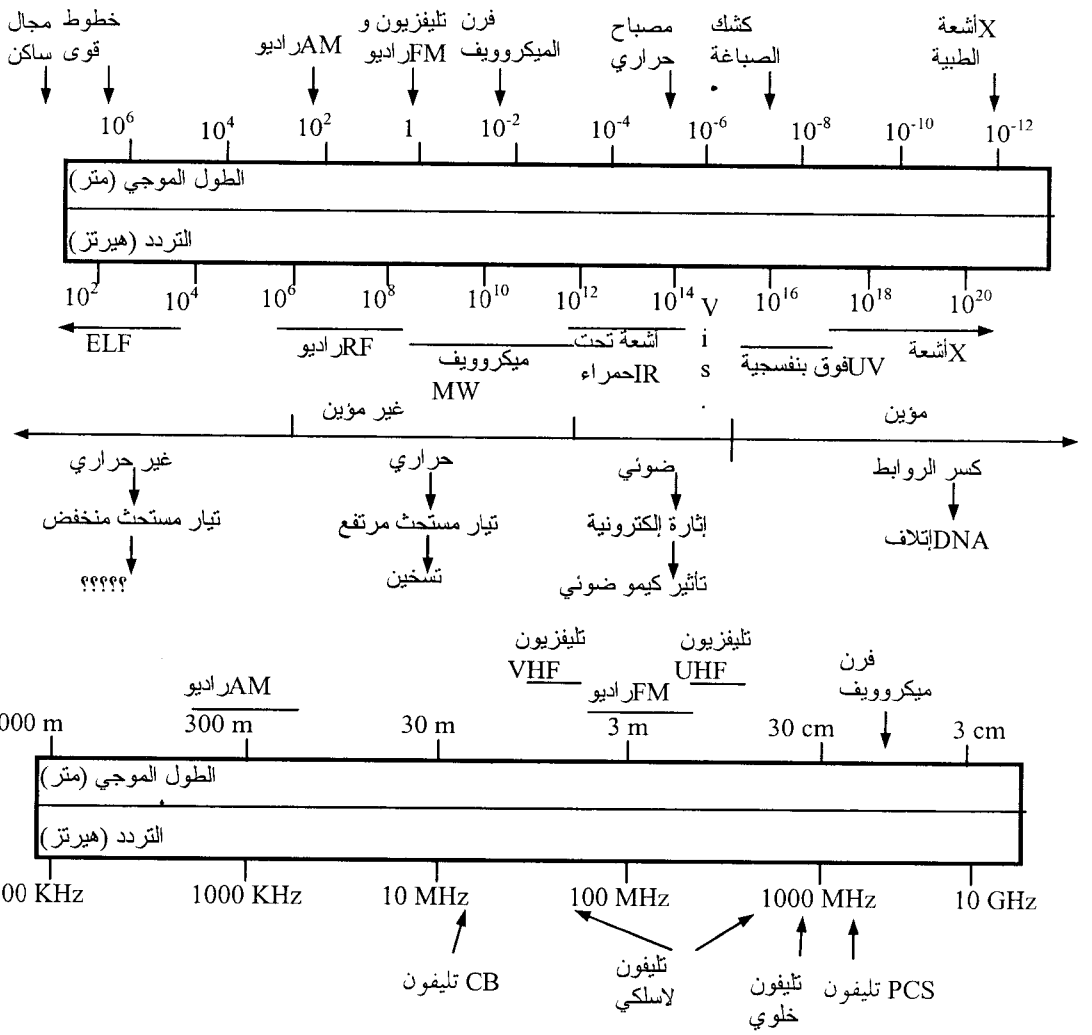
The Relationship Between Exposure to Static Magnetic Fields and Cancer

توجد بعض دراسات قليلة تتعلق بإصابة العاملين الذين يتعرضون للمجالات المغناطيسية الساكنة بمرض السرطان، بين بعض الباحثين أنه لا يوجد

زيادة فى الإصابة بالسرطان فى العاملين الذين يتعرضون إلى 300 مللي تسلا من معجلات الجسيمات، فى حين لم يجد آخرون أي زيادة سرطان فى العاملين المعرضين لمجالات 10 مللي تسلا فى الوحدات الصناعية التي تستخدم فى إنتاج الكلور، كما توجد دراسات على العاملين بوحدات اختزال الألمونيوم.

قد بينت الدراسات المعملية أن المجالات المغناطيسية الساكنة ليس لها تأثيرات على تطور الأورام السرطانية أو نمو الخلايا أو على وظائف جهاز المناعة أو توازن الهرمونات. وعموما، لم تظهر المجالات المغناطيسية الساكنة من 13- 1150 مللي تسلا أي تأثيرات على الأورام السرطانية والمجالات من 45 – 2000 مللي تسلا لا تؤثر على نمو خلايا الإنسان أو الحيوان أو الخمائر. وقد بينت معظم الدراسات أيضا أن المجالات من 13 – 2000 مللي تسلا لا تؤثر على الجهاز المناعي للحيوان . وبينما لم تثبت التجارب المعملية أي صلة بين المجالات المغناطيسية الساكنة والسرطان، فقد سجلت الدراسات أن هذه المجالات تحدث تأثيرات بيولوجية وخصوصا عند المجالات أعلى من 2000 مللي تسلا وهذه التأثيرات ليس لها صلة واضحة بالسرطان.

جـــدول (10) يظهـــر منـــاطق التـــرددات والأطـــوال الموجيـــة للطيـــف الكهرومغناطيسى وأيضا الأجهزة المختلفـــة الـــتي تعمـــل فى هـــذه المنـــاطق. كمـــا أن جدول (11) يبين أمثلة على الإشعاعات التي تبعثها المنتجات الإلكترونية.



جدول(11) أمثلة على الإشعاعات التي تبعثها المنتجات الإلكترونية

الإشعاع / الاستخدامات	أشعة X المؤينة	الأشعة الضوئية (المرئية، UV، IR، ليزر)	الترددات الراديوية VLF/ELF، المغناطيسية
طبية: التشخيص	* العلاج الإشعاعي العام * تصوير الأسنان * أطياف التفلور * أشعة مقطعية بالكمبيوتر * الفحص الإشعاعي للثدي	* مصباح الفتحة الضيقة * حدة الشبكية * أطياف التفلور * إضاءة نافذة داخل العين	* التصوير بالرنين المغناطيسي
طبية: العلاج	* المعجل الطبي * العلاج الإشعاعي	* التئام الجروح * علاج ليزري منخفض المستوى * علاج PUVA	* فرط الحساسية العقلية * الاختراق الحراري * التئام العظام * التئام الجروح * علاج البروستاتة
طبية: الجراحة	* الشعاع الإلكتروني الفعال الداخلي	* الليزر العلاجي * ليزر العيونPRK * ليزر الأسنان	* التغليف الإلكتروني
مجالات طبية: أخرى	* قياس كثافة العظم * كبينة أشعة X * التصوير البيطري [طب المواشي]	* لمبات الإكثار * معالجة صمغ الأسنان * أضواء التشغيل * وضع المريض * أشعة Xالكاشفة لمجال الضوء	* تسخين الدم (الأشعة الميكرونية) * التعقيم (البلازما) * ضابط المدى
مجالات علمية: أخرى	* أشعة X التحليلية * كاشف الذبذبات	* ليزرات الأبحاث * استخدامات البحوث في مجالات UV/IR	* استخدامات علمية كثيرة * الرنين النووي المغناطيسي * مناخ دوبلر
صناعية	* كبينة أشعة X * أشعة Xفي الصناعة * فحص لحام المعادن	* تعيين المدى والكشف * تصفيف، مسح *اللحام بالليزر * معالجة المواد بالليزر * مراقبة العمليات/رؤية الآلة * العلاج باUV	* سخان العزل * معالجة الأغذية * التجفيف * مراقبة مرور الهواء

* قطاع الأعمال * التجارة *الأمن	* (الماسح) للناس * أشعة X للحاويات	* مصباح التفلور * كشاف IR أو الأمن * الاتصالات بالألياف البصرية * مصباح بخار الزئبق *قارئ UPC * مؤشر الليزر * بيانات IR منفذ/تحكم	* رادار الشرطة * أنظمة الأمن (الميكروويف) * مجفف الملابس * الاتصالات
* مستهلك (سكان المنزل، أجهزة المنزل)	* مستقبل التلفاز * شاشة الفيديو * كشاف الرؤية الليلية	* مصباح هالوجيني *طابعة ليزر * أسرة صباغة الجلد * مصابيح صباغة الجلد * ألعاب الليزر * وحدات تحكم عن بعد *كاميرات ذات التحكم الذاتي * الشاشة الرقمية	* التليفون الخلوي * فرن الميكروويف * راديو الهواة * وحدة التحكم عن بعد * شاشة الفيديو