

Intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

Aspects cliniques et prise en charge en milieu de travail

EN RÉSUMÉ

AUTEURS :

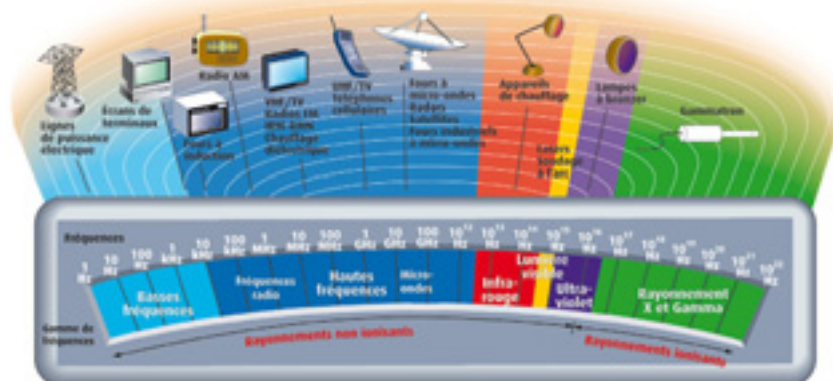
L. Bensefa-Colas, Assistance publique - hôpitaux de Paris (AP-HP), hôpitaux universitaires centre Cochin Broca Hôtel-Dieu, Paris. Université Paris Descartes Sorbonne, Faculté de médecine, Paris.

A. Ranchoux-Lamodière, interne en médecine du travail, Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS), Verneuil-en-Halatte

L'exposition aux champs électromagnétiques est de plus en plus présente en milieu professionnel, liée à de nombreuses avancées technologiques. Après un rappel des connaissances indispensables, cet article permet de faire le point sur le syndrome d'intolérance environnementale idiopathique attribué aux champs électromagnétiques, le tableau clinique, ses étiologies et sa prise en charge.

MOTS CLÉS

Rayonnement électromagnétique / Champ électromagnétique / Rayonnement non ionisant / Syndrome d'intolérance



Représentation du spectre électromagnétique. © INRS

U

n environnement électromagnétique naturel, indépendant de l'activité humaine existe depuis toujours, exposant les organismes vivants à des ondes et champs électromagnétiques. Les principales sources de rayonnements électromagnétiques sont le champ magnétique statique terrestre, le rayonnement radioélectrique émis par les étoiles, et le rayonnement émis par la foudre. Même l'organisme humain émet un rayonnement électromagnétique sous forme de radiations infrarouges.

Toutefois, depuis quelques décennies, cet environnement électromagnétique s'est profondément modifié de par l'utilisation croissante de l'électricité dans les pays industrialisés [1]. Aux sources naturelles, terrestres, cosmiques, s'ajoutent aujourd'hui les sources artificielles dues aux nombreux progrès techniques qui font usage de l'électricité et qui trouvent une application dans des domaines aussi variés que l'industrie, la médecine, les télécommunications, la recherche, l'éducation. Cette prolifération des ondes électromagnétiques

Intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

> GLOSSAIRE

ACTH : adrénocortico-trophine

AEHAQ : Association pour la santé environnementale, les hypersensibilités et les allergies du Québec

ANFR : Agence nationale des fréquences

BBEMG : *Belgian bioelectromagnetic group*

CCPP : Centre de consultation de pathologie professionnelle

CEM : Champ électromagnétique

COFRAC : Comité français d'accréditation

CRIREM : Centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques non ionisants

DECT : *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*

HF : *High frequency*

HSE : Hypersensibilité électromagnétique

IEI : Intolérance environnementale idiopathique

ICNIRP : Commission internationale de protection contre les rayonnements non-ionisants

LF : *Low frequency*

MINI : *Mini international neuropsychiatric interview*

OMS : Organisation mondiale de la santé

PHRC : Programme hospitalier national de recherche clinique

RED : Réponse électrodermale

SIOC : Syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques

SNA : Système nerveux autonome

VRC : Variabilité du rythme cardiaque

tiques, couvrant tout le spectre des fréquences, induit naturellement des questions concernant les interactions avec les tissus biologiques et d'éventuels effets sur la santé. Depuis deux décennies, de plus en plus de personnes se plaignent de symptômes non spécifiques qu'elles attribuent à des champs électromagnétiques et qui ont été regroupés sous l'appellation « intolérance environnementale idiopathique (IEI) attribuée aux champs électromagnétiques ».

LES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES : GÉNÉRALITÉS

DÉFINITIONS

L'espace de la vie quotidienne de chacun est rempli de rayonnements électromagnétiques qui font partie intégrante de l'environnement et couvrent une large gamme de phénomènes physiques.

Les rayonnements électromagnétiques sont une forme de transport de l'énergie sans support matériel. Une onde électromagnétique (EM) est la combinaison de deux « perturbations », l'une est électrique, l'autre est magnétique. Ces deux perturbations, qui oscillent en même temps mais dans deux plans perpendiculaires, se déplacent à la vitesse de la lumière, c'est-à-dire $300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ (figure 1).

Dans le rayonnement, le champ électrique et le champ magnétique varient dans le temps et se propagent dans l'espace.

Le champ électrique est consécutif à la présence d'une tension. L'intensité du champ électrique correspond à la force exercée sur une particule chargée électriquement ; elle s'exprime en volt par mètre ($\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$).

Le champ magnétique est présent quand il y a circulation d'un courant. L'intensité du champ magnétique correspond au déplacement de charges électriques, elle s'exprime en ampère par mètre ($\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$) [2, 3].

Les champs électriques et magnétiques peuvent donc exister indépendamment l'un de l'autre. Ils peuvent être de trois origines :

- naturelle : champ magnétique terrestre, rayonnement émis par notre corps, par les étoiles, par la foudre... ;
- domestique : lignes électriques, radiotéléphones, fours à micro-ondes,

plaques de cuisson à induction, tout appareil électroménager... ;

- professionnelle : de nombreuses applications industrielles mettent en œuvre le principe de l'électromagnétisme (soudage par résistance, électrolyse, four industriel à micro-ondes...) [3].

LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Classiquement, les ondes sont classées en fonction de leur longueur d'onde (ou de leur fréquence). Elles possèdent toutes des caractéristiques et des utilisations industrielles propres.

La fréquence d'une onde est le nombre d'oscillations par seconde. Elle s'exprime en hertz (Hz ou oscillation par seconde). La longueur d'onde est la distance physique entre deux variations successives. À une longueur d'onde donnée, correspond une seule fréquence caractéristique de l'onde, qui lui est inversement proportionnelle.

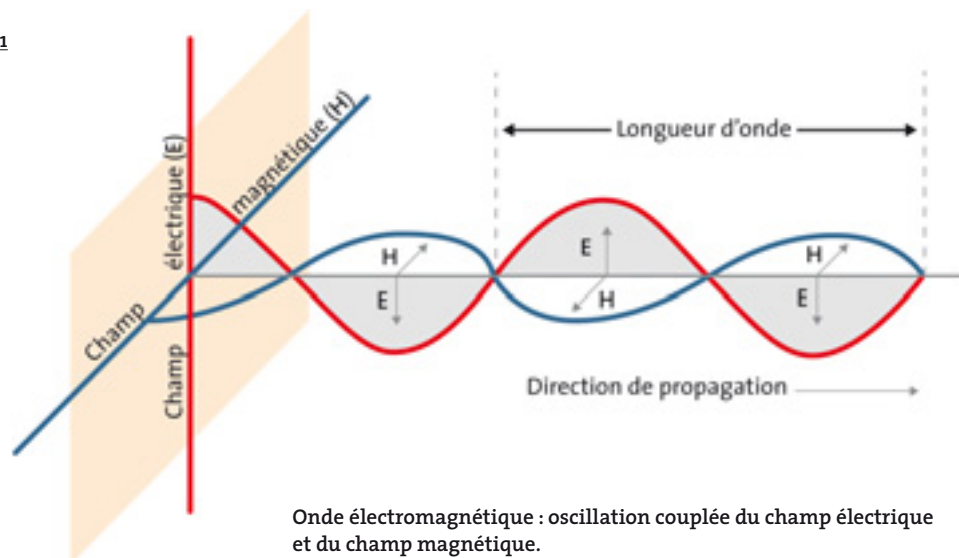
À partir de la fréquence de l'onde, on peut déterminer l'énergie qu'elle transporte. L'énergie est d'autant plus grande que la fréquence de l'onde est plus élevée. Elle répond à la relation proportionnelle $E = hf$ (E : énergie, h : constante, f : fréquence) exprimée en joule (J).

Les champs et les rayonnements électromagnétiques dont la fréquence est inférieure à 10^{16} Hz sont dits non ionisants car l'énergie qu'ils transportent est trop faible pour produire une ionisation des milieux qu'ils traversent (tableau 1).

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET TRAVAIL

L'ensemble des travailleurs est concerné par l'exposition aux ondes électromagnétiques dans un cadre professionnel. L'exposition professionnelle aux champs électromagnétiques est ubiquitaire mais très

↓ Figure 1



Onde électromagnétique : oscillation couplée du champ électrique et du champ magnétique.

hétérogène du fait de la diversité des sources et de l'environnement électromagnétique du poste de travail [4].

CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE BASSE FRÉQUENCE

Les champs électrique et magnétique de très basse fréquence, coexistant dans l'environnement de tout appareil électrique en fonctionnement, sont particulièrement importants à proximité des lignes de transport électrique à haute et à basse tension, des transformateurs, des alternateurs et des matériels électriques. On les rencontre également dans l'électrometallurgie avec les industries de soudage à l'arc électrique, et les industries de l'électrochloration.

RADIOFRÉQUENCES

Les champs électromagnétiques de moyenne fréquence sont retrouvés autour de toutes les machines utilisant le procédé d'électrothermie par induction et dans les applications courantes telles que la radiodiffusion, la télévision, la téléphonie mobile, les systèmes d'identification [5]. Les secteurs d'activité concer-

nés sont l'industrie électronique, l'industrie chimique (fabrication de fibres), l'industrie agroalimentaire (cuisson, dorage de produits alimentaires, séchage ou stérilisation de produits en poudre, thermoscellage), la sidérurgie (fusion dans des fours à creuset, traitement, formage) et le travail des métaux (soudage et brasage de précision dans l'orfèvrerie).

HYPERFRÉQUENCES

Les ondes électromagnétiques hautes fréquences proviennent des machines utilisant l'électrothermie par effet diélectrique. On les retrouve dans le secteur du bois lors des activités de séchage, de formage et de collage du bois, de même que dans l'industrie textile, papetière, et plastique lors du séchage, du découpage, du

↓ Tableau I

➤ LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE (Source : Fondation santé et radiofréquences, www.sante-radiofréquences.org/)

Fréquence*	Gamme	Exemples d'applications
0 Hz	Champs statiques	Électricité statique
3-300 Hz	Extrêmement basses fréquences	Réseau électrique et électroménager
300 Hz à 30 kHz	Fréquences intermédiaires	Écrans vidéo, chauffage par induction
30 kHz à 300 GHz	Radiofréquences	Radiodiffusion, télédiffusion, téléphone mobile, WIFI, four à micro-ondes, radars, communications par satellites
300 GHz à 385 THz	Infrarouges	Détecteurs anti-vol, télécommandes
385 THz à 750 THz	Visibles	Soleil, lasers
750 THz à 3 PHz	Ultraviolets	Soleil, photothérapie
3 PHz à 30 PHz	Rayons X	Radiologie
Au-delà de 30 PHz	Rayons gamma	Physique nucléaire

* k=kilo=10³, M=Méga=10⁶, G=Giga=10⁹, T=Téra=10¹², P=Péta=10¹⁵

Intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

formage, du moulage et du soudage des matières plastiques [6].

Cas particulier des salariés porteurs de stimulateurs cardiaques

Il n'existe à ce jour aucun texte réglementaire qui traite de l'exposition aux champs électromagnétiques des travailleurs implantés. Pourtant, on estime à près de 15 000 le nombre de salariés équipés de stimulateurs cardiaques. Deux normes fournissent un mode opératoire pour évaluer le risque pour les travailleurs portant un ou plusieurs dispositifs médicaux implantables actifs vis-à-vis de l'exposition à des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques, rencontrés sur un lieu de travail [7, 8]. Elles proposent différentes approches pour réaliser l'analyse de risque provenant de l'exposition aux champs électromagnétiques sur le lieu de travail. L'évaluation inclut la probabilité d'effets cliniquement significatifs et tient compte à la fois de l'exposition transitoire et de l'exposition prolongée dans des zones spécifiques du lieu de travail. Les fréquences à observer portent sur la bande allant de 0 Hz à 3 GHz. Au-dessus de 3 GHz, il est admis qu'aucune perturbation avec le stimulateur cardiaque ne se produit lorsque les limites d'exposition ne sont pas dépassées [8].

Les principales conséquences de l'exposition aux champs électromagnétiques pour le stimulateur sont le risque de détection de signaux électriques extracardiaques, le risque de déclencher une stimulation à fréquence maximale et la reprogrammation ou la déprogrammation du stimulateur. Ces phénomènes restent, en général, rares et transitoires, cessant lorsque le salarié implanté s'éloigne de la source [3, 9]. Dans les entreprises, il est donc nécessaire d'identifier les postes de travail à risque et d'évaluer l'exposi-

tion du salarié en caractérisant les champs électromagnétiques par des mesures au poste de travail. À cette fin, une collaboration étroite doit s'engager entre le médecin du travail, le cardiologue qui a implanté le stimulateur, le fournisseur du stimulateur qui en connaît les caractéristiques et le chef d'entreprise [9].

ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AUX ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

L'exposition dépend des caractéristiques de la source (fréquence d'émission, puissance) et de la distance source/opérateur (intensité).

FRÉQUENCE D'ÉMISSION

Pour évaluer l'exposition d'une personne à une source électromagnétique, il est nécessaire de connaître la fréquence d'émission de l'appareil incriminé, donc sa longueur d'onde. Lorsque la distance entre la source et la personne exposée est inférieure à 1,6 fois la longueur d'onde, on se situe dans une zone dite « de champ proche » (zone de Fresnel). Dans ce cas, les deux grandeurs champ électrique et champ magnétique doivent être mesurées indépendamment. Au-delà, la mesure d'une grandeur permet de déterminer l'autre par la relation $E/H = 377\Omega$ (ohms). C'est la zone de « champ lointain » ou zone de Fraunhofer [2].

PUISSANCE

La puissance est la quantité d'énergie émise par un émetteur par unité de temps ; elle s'exprime en watt (joule.s⁻¹). La densité de puissance surfacique (S) s'exprime en W.m⁻².

INTENSITÉ

L'intensité du champ décroît rapidement avec la distance, c'est-à-dire que plus la personne est loin de la source de champ, plus l'exposition est faible.

Les effets sur l'homme sont fonction de la fréquence et de l'intensité du champ. Pour une fréquence donnée, les effets augmentent avec l'intensité du champ.

DÉBIT D'ABSORPTION SPÉCIFIQUE (DAS)

Le débit d'absorption spécifique (DAS) est la dose reçue et absorbée par un organisme par rapport à son poids. Il s'exprime en watt par kilogramme (W.kg⁻¹).

C'est un indicateur utilisé pour quantifier le dépôt de chaleur dans les tissus. Il est fonction du champ électrique produit à l'intérieur des tissus par la source émettrice et des propriétés électriques des tissus biologiques appelées « conductivité » et « permittivité diélectrique ».

Des expériences comportementales ont permis de définir le seuil d'un effet perturbateur pouvant être considéré comme potentiellement nocif. L'observation a montré que ce seuil s'accompagnait d'un échauffement et qu'une élévation de la température corporelle de 1 °C correspondait à un DAS de 4 W.kg⁻¹ pendant 30 minutes. Ce phénomène a servi de base à la définition de la valeur limite recommandée de DAS moyen corps entier qui est de 0,4 W.kg⁻¹. Le DAS local pour la tête et le tronc est de 10 W.kg⁻¹ (soit 100 mW/10g), le DAS local pour les membres est de 20 W.kg⁻¹ (soit 200 mW/10g).

DOSIMÉTRIE

Les mesures se font au poste de travail du salarié, dans son environnement et dans les lieux de passage. Le choix de l'appareil de mesure doit tenir compte des paramètres à mesurer et de la fréquence du champ. Généralement, trois appareils de mesure portatifs sont utilisés pour couvrir le spectre électromagnétique de 0 à 60 GHz :

- le teslamètre, qui permet de mesurer le champ magnétique statique,

- le champmètre basses fréquences, qui permet des mesures d'induction magnétique et de champ électrique jusqu'à 30KHz,

- le champmètre hautes fréquences, qui permet de mesurer des champs électriques ou magnétiques de 100 KHz à 60 GHz.

Conformément au décret n°2006-61 du 18 janvier 2006, les mesures de l'exposition aux ondes radio doivent être effectuées par des bureaux de contrôle indépendants, accrédités COFRAC (Comité français d'accréditation) et qui appliquent le protocole de mesure établi par l'Agence nationale des fréquences (ANFR). La liste des bureaux de contrôle accrédités COFRAC est disponible sur Internet www.cofrac.fr.

Depuis fin avril 2004, les opérateurs de téléphonie mobile prennent en charge financièrement toutes les mesures qui leur sont demandées par écrit, et font réaliser ces mesures par des bureaux de contrôle indépendants et accrédités COFRAC.

En milieu professionnel, pour les entreprises du régime général, les mesures peuvent être effectuées par les centres de mesures physiques des caisses régionales d'assurance retraite et de santé au travail (CARSAT) ou de la CRAMIF, appuyés par l'INRS en tant que de besoin [3].

ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

Les limites d'exposition adoptées aujourd'hui en France sont basées sur les recommandations de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non-ionisants (ICNIRP). Cette commission est chargée, depuis 1992, d'étudier les risques potentiels liés aux différents types de rayonnements non ionisants. Elle a pour rôle d'élaborer des guides internationaux pour l'établissement de limites d'exposition et de traiter de tous les aspects de la protection

contre ces rayonnements pour les travailleurs et pour le public.

En collaboration étroite avec l'OMS, l'ICNIRP développe ses recommandations en s'appuyant sur une revue complète et critique de la littérature scientifique pour identifier tous les effets nuisibles connus, ainsi que tous les effets biologiques qui pourraient avoir des implications importantes pour la santé.

Le respect de ces limites devrait garantir que les travailleurs exposés à des champs électromagnétiques sont protégés de tout effet nocif connu sur la santé. Ces valeurs ont été reprises dans la directive européenne 2004/40/CE et remise à jour dans la directive révisée 2013/35/CE qui énonce les prescriptions minimales de sécurité en ce qui concerne l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques (CEM). Elle définit des valeurs déclenchant l'action (VDA) et des valeurs limites d'exposition (VLE).

Dans les recommandations destinées au public, une marge de sécurité supplémentaire a été intégrée, de façon à tenir compte des personnes les plus fragiles : enfants, personnes âgées, femmes enceintes, sujets immunodéprimés...

LE SYNDROME D'INTOLÉRANCE ENVIRONNEMENTALE IDIOPATHIQUE ATTRIBUÉ AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Les premiers symptômes non spécifiques attribués à la proximité de sources de champs électromagnétiques ont été décrits au début des années 80 en Norvège et en Suède [10]. Il s'agissait notamment de travailleurs exposés à des écrans d'ordinateur et qui présentaient principalement des manifestations

cutanées au niveau du visage, de type érythème transitoire ou prurit. En l'absence de critères diagnostiques définis, Knave et al. [10] regroupent ces symptômes sous le terme d'« hypersensibilité à l'électricité », expression qui trouvera par la suite d'autres synonymes tels que « électrosensibilité », « hypersensibilité électromagnétique (HSE) », « sensibilité électrique », « hypersensibilité aux champs électriques et magnétiques » ou, plus récemment, « intolérance environnementale idiopathique (IEI) attribuée aux champs électromagnétiques » [11]. Il n'existe aujourd'hui pas de définition ou de critères diagnostiques formels d'IEI aux ondes électromagnétiques en raison de la non-spécificité des symptômes rapportés, de l'apparente hétérogénéité des personnes touchées et de l'absence d'étiologie établie [12]. L'IEI électromagnétique regroupe un ensemble de manifestations non spécifiques attribuées, par les sujets qui en souffrent, aux champs électromagnétiques. Il s'agit d'une sensibilité accrue notamment aux radiofréquences et aux champs électriques ou magnétiques pourtant rencontrés à des niveaux de fréquence et d'intensité auxquels la population générale est exposée et largement au-dessous des recommandations internationales. Ces ondes électromagnétiques induiraient donc des symptômes physiques et/ou psychologiques à des niveaux d'exposition généralement considérés comme étant inoffensifs pour la santé car très faibles.

TABLEAU CLINIQUE

On peut distinguer deux principaux types de symptômes [13].

- Les manifestations **dermatologiques** à type d'érythème facial, éruptions cutanées, sécheresse cutanée, démangeaisons, sensations de brûlures ou de picotements...

Intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

D'après les sujets touchés, ces manifestations apparaissent et s'aggravent à proximité ou lors de l'usage d'équipements électriques et disparaissent lors de l'éloignement de la source émettrice. Elles surviennent quelques minutes à quelques heures après l'usage ou le travail à proximité des sources émettrices.

● Les manifestations **neurovégétatives** sont plus fréquemment évoquées, mais peu spécifiques. Parmi elles, on peut retrouver des sensations de fatigue intense et généralisée, des céphalées, des troubles du sommeil, des troubles de la mémoire et de la concentration, des troubles de l'humeur ou des troubles anxieux, une sensation d'oppression thoracique ou une dyspnée, des troubles de l'appétit ou des douleurs abdominales, une dysgueusie, un tremblement des extrémités...

Certains patients électrosensibles rapportent également des troubles de la sphère « nez-gorge-oreilles » comme des picotements dans la gorge ou des irritations oculaires.

Plus récemment, une distinction a été proposée entre l'électrosensibilité généralisée et la sensibilité aux seules radiofréquences de la téléphonie mobile [14].

Dans la majorité des cas, lorsqu'il est réalisé, l'examen clinique est sans particularité, les symptômes sont de faible ampleur et aucun d'entre eux ne constitue un signe pathognomonique. Néanmoins, ils peuvent parfois altérer de manière très importante la santé physique et mentale des patients et donc leur qualité de vie.

Une étape importante dans l'approche clinique de l'électrosensibilité a été la publication d'Eltiti et al. [15]. Avec un questionnaire de 57 items quantifiés, rempli par 3 633 témoins et 88 sujets électro-

sensibles, l'analyse en composante principale a permis d'obtenir une structure en 8 « sous-échelles » (neurovégétative, cutanée, auditive, céphalées, cardiorespiratoire, liée au froid, locomotrice et liée à l'allergie), identique chez les témoins et chez les sujets électrosensibles, et ne différant chez ces derniers que par l'intensité des symptômes. L'absence de toute autre explication médicale et un score symptomatique supérieur à un seuil déterminé expérimentalement permet de proposer des critères diagnostiques utiles aux études expérimentales.

Dans une revue systématique de la littérature récente [12], Baliastas et al. mettent en évidence que les femmes et les personnes âgées de plus de 40 ans sont plus fréquemment atteintes. Dans la majorité des études, il s'agit de sujets présentant une hypersensibilité autodéclarée, avec des symptômes non spécifiques attribués par les patients eux-mêmes à une ou plusieurs sources de CEM, dans les 20 minutes à 24 heures après l'exposition. Seul un nombre restreint d'études s'appuie sur une évaluation médicale et/ou psychiatrique pour caractériser les cas.

L'OMS reconnaît, depuis 2004, ces symptômes et leurs conséquences sur la santé des patients mais indique qu'il n'y a pas de lien formel établi avec les champs électromagnétiques [16]. En effet, c'est devant des similitudes entre les patients atteints d'hypersensibilité électromagnétique et ceux se plaignant d'intolérance aux odeurs chimiques (sujets SIOC), que l'OMS a proposé de réunir sous le même descripteur d'« intolérance environnementale idiopathique » ces sujets pouvant présenter la même hypersensibilité généralisée et des profils symptomatiques très proches (ne différant éventuellement que par quelques

symptômes liés à la source d'exposition à laquelle les symptômes sont attribués).

PRÉVALENCE

L'estimation de la prévalence de l'IEI électromagnétique varie d'un pays à l'autre, probablement du fait d'approches méthodologiques différentes : 1,5 % en Suède, 3,2 % en Californie, 3,5 % en Autriche, 5 % en Suisse et 13,4 % à Taiwan [12]. Aucune estimation fiable n'est actuellement disponible en France. Dans l'ensemble des pays européens, le syndrome d'IEI attribué aux champs électromagnétiques est en augmentation. Une étude, réalisée par Schröttner et Leitgeb en 2008 [11] sur un échantillon de la population autrichienne, retrouve en effet une évolution de 2 % en 1994 à 3,5 % en 2008, de sujets se déclarant intolérants aux ondes électromagnétiques.

L'IEI électromagnétique prend différentes formes cliniques selon les pays. Dans les pays scandinaves, on retrouve une prédominance des symptômes dermatologiques, alors que les symptômes de type neurovégétatif sont plus fréquents en France, aux États-Unis, en Allemagne et en Grande-Bretagne. Dans certains pays, tels que la Suède, l'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques est reconnue comme un handicap, sans nécessité de relation causale. Cette reconnaissance oblige l'employeur à prendre en compte ces symptômes et à aménager le poste de travail de la personne atteinte.

En France, ce syndrome reste relativement peu connu du grand public et des professionnels de santé, mais il devient une préoccupation émergente de santé publique, cristallisé par le développement croissant des nouvelles technologies utilisant les ondes électromagnétiques.

ÉTIOLOGIES DE L'INTOLÉRANCE AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Si aucune étude d'exposition des personnes hypersensibles aux ondes électromagnétiques n'a été réalisée en France, la littérature internationale, et notamment européenne, répertorie un grand nombre de travaux destinés à mieux comprendre le syndrome d'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques.

Les premières études des symptômes subjectifs rapportés aux champs électriques et magnétiques ont été réalisées en Russie chez des ouvriers occupés à la maintenance de lignes à haute tension et ont retrouvé une augmentation de symptômes subjectifs non spécifiques tels que céphalées, irritabilité, troubles de la concentration et du sommeil, fatigue [17]. Ces résultats n'ont toutefois pas été confirmés par d'autres études similaires réalisées en Europe, au Canada et aux États-Unis [1]. Dans la gamme des radiofréquences, des études ont été réalisées sur la prévalence des symptômes subjectifs chez des utilisateurs de téléphonie mobile. Globalement, ces études indiquent une augmentation des symptômes subjectifs (sensations de chaleur au niveau de l'oreille ou de la face, céphalées, inconfort, vertiges, difficultés de concentration, fatigue) avec l'augmentation du temps d'appel et du nombre d'appels par jour [18 à 20]. Ces symptômes ont été mis en relation avec le débit d'absorption spécifique et expliqués hypothétiquement par une stimulation [18,21]. D'autres études réalisées en France auprès de personnes résidant à proximité de stations de base [20] ne permettent pas de conclure à une relation entre symptômes

ressentis et exposition aux champs. Beaucoup d'études de provocation en double aveugle ont également été réalisées, notamment en Suède et en Norvège chez des travailleurs sur écran présentant des troubles dermatologiques. Les travailleurs interrogés n'ont pas été capables de dire si l'appareil incriminé était allumé ou éteint [22]. Une étude réalisée en laboratoire en double aveugle sur des volontaires sains indique qu'une exposition à des radiofréquences (900 MHz) pendant 30 ou 60 minutes n'entraîne pas de symptômes subjectifs sur ces sujets [23]. Enfin, un auteur suédois a réalisé en 2001 une étude de provocation se rapportant à l'hypersensibilité aux champs électriques et magnétiques à la fréquence industrielle (50 Hz). Celle-ci ne permet pas d'établir un lien entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes qui leur sont présumés liés [24, 25].

Les études de provocation ont été considérées comme le moyen de choix pour explorer le lien de causalité éventuel entre une exposition à des CEM et des symptômes fonctionnels. Dans une revue systématique récente, basée sur 46 études de provocation en simple ou double aveugle, lors d'expositions à une source de CEM réelles ou simulées, avec un total de 1 175 sujets électrosensibles volontaires, Rubin et al. [26] ne retrouvent pas de preuve suffisante d'un lien entre l'exposition aux CEM et la survenue des symptômes des sujets souffrant d'IEI attribuée aux CEM. Quelles que soient les sources d'exposition (écrans cathodiques, 50 Hz, ondes de la téléphonie mobile), les études ont montré que les sujets électrosensibles n'étaient pas plus capables que les témoins de différencier les expositions réelles des expositions simulées et qu'ils ne déclaraient pas plus de symptômes

pendant les expositions réelles que pendant les expositions simulées.

En tout état de cause, les études de provocation ne peuvent explorer que les effets à court terme des CEM.

AUTRES FACTEURS

FACTEURS PHYSIQUES

Certains facteurs physiques sont cités comme facteurs associés aux plaintes des patients électrosensibles. Il s'agit d'un taux d'humidité inférieur à 30 % [27], d'une température ambiante supérieure à 23 °C et de la présence de poussières en relation notamment avec les champs électriques statiques [28]. Les modulations lumineuses seraient également considérées comme un facteur susceptible d'affecter le système nerveux central et/ou autonome des personnes dites hypersensibles [29].

FACTEURS CHIMIQUES

Plusieurs hypothèses ont été émises sans être confirmées, notamment concernant les amalgames dentaires et les retardateurs de flammes présents dans les écrans d'ordinateur [1]. Le diagnostic de sensibilité chimique multiple pourrait être, pour certains auteurs, prédictif de l'IEI attribuée aux ondes électromagnétiques dans certaines études [30].

FACTEURS ORGANISATIONNELS ET PSYCHOSOCIAUX

Des facteurs organisationnels ont été recensés comme favorisant l'apparition et/ou le maintien des symptômes d'HSE. Il s'agit d'une charge de travail considérée comme excessive, du manque de support social de la part des collègues ou des supérieurs, d'une insatisfaction au travail, d'une réorganisation du travail, ou de l'introduction rapide de nouveaux équipements [31].

Intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

FACTEURS INDIVIDUELS PHYSIOLOGIQUES ET PSYCHOPHYSIOLOGIQUES

Le fait que, à exposition égale, seules certaines personnes développent un syndrome d'intolérance attribuée aux ondes électromagnétiques implique l'intervention de facteurs individuels. Certains tels que l'âge, le sexe ou le niveau d'études ou de revenus restent très controversés. La recherche d'un stress oxydatif lié à l'action des champs électromagnétiques nécessite des explorations complémentaires [32]. Des différences ont été décrites au niveau de certains paramètres dermatologiques et histopathologiques, notamment quant au nombre et à la distribution des mastocytes au niveau du derme [33, 34], avec des résultats cependant contradictoires. Des résultats contradictoires ont également été publiés concernant le dosage de mélatonine dans la problématique des effets sur la santé des champs électromagnétiques. Par contre, des différences apparaissent dans certains dosages hormonaux (prolactine, thyroxine, ACTH) pendant le travail sur écran par rapport aux périodes de repos [22], résultats qui peuvent être interprétés comme une réaction de stress. En 2001, Lyskov et al. décrivent pour la première fois une distinction entre patients électrosensibles et sujets contrôles quant à leurs caractéristiques physiologiques de base [24, 25] : la variabilité du rythme cardiaque et l'activité électrodermale seraient différentes, suggérant pour les premiers une prédisposition physiologique à la sensibilité aux stressseurs environnementaux physiques et psychosociaux.

Plus récemment, Rubin et al. se sont intéressés aux études recherchant des perturbations physiologiques ou cognitives consécutives à une exposition aux CEM chez des pa-

tients présentant une IEI attribuée aux CEM [35]. Après avoir identifié 29 études de provocation en simple ou double aveugle, ils ne retrouvent pas de preuve d'un effet physiologique lié à l'exposition aux CEM chez les sujets inclus.

EXPLORATION DIAGNOSTIQUE

QUESTIONNAIRES

Il existe à l'heure actuelle plusieurs questionnaires utilisés dans les pays francophones. Ils visent à recenser, de manière exhaustive, les différents symptômes ressentis et à répertorier de façon précise toutes les sources d'exposition. Le Centre hospitalier universitaire de Brest a élaboré un « formulaire de déclaration de pathologie environnementale ». Le CRIIREM (Centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques non ionisants) a proposé trois questionnaires différents selon les personnes cibles : un questionnaire pour les riverains de lignes hautes tension et transformateurs, un questionnaire pour les possesseurs de WIFI ou de téléphone portable DECT, un questionnaire pour les riverains des stations relais de téléphonie mobile. L'association pour la santé environnementale, les hypersensibilités et les allergies du Québec (AEHAQ) a mis en place un questionnaire sur l'hypersensibilité environnementale. L'université de Bâle, en Suisse, a élaboré un questionnaire s'adressant aux personnes qui se sont plaintes d'un mauvais état de santé lié à une exposition aux CEM. Enfin, un autoquestionnaire a été rédigé par M. Crasson dans le cadre d'une étude réalisée par un groupe de recherche belge, le BBEMG, et l'université de Liège [13].

EXAMENS COMPLÉMENTAIRES Évaluation de la variabilité du rythme cardiaque

Au cours de deux études réalisées en 2001, Lyskov et al. ont retrouvé, sans et avec exposition aux ondes électromagnétiques, une plus grande variabilité du rythme cardiaque chez les sujets se déclarant électrosensibles [24, 25]. La variabilité du rythme cardiaque (VRC) est une mesure des variations de la fréquence cardiaque. Elle est considérée comme un indicateur de l'activité de régulation autonome de la fonction circulatoire. Cette mesure de variabilité du rythme cardiaque s'effectue par enregistrement non invasif pendant une durée donnée de l'intervalle R-R par électrocardiographie. L'analyse de la VRC permet d'avoir accès de façon non invasive aux caractéristiques du système nerveux autonome (SNA), par un traitement des données dans un domaine temporel et dans un domaine fréquentiel. Plus précisément, les densités spectrales LF (*low frequency*) et HF (*high frequency*) de la variabilité cardiaque caractérisent respectivement les composantes ortho- et parasympathique. C'est donc le ratio LF/HF qui représente l'état du SNA. Chez les sujets électrosensibles, la balance SNA sympathique/SNA parasympathique semble légèrement différente de celle des sujets sains [36, 37].

Le protocole de mesure le plus utilisé est celui décrit en 1996 par la Société européenne de cardiologie et la Société nord-américaine d'électrophysiologie [38]. Aujourd'hui, cette mesure de la variabilité du rythme cardiaque est utilisée essentiellement chez les sportifs afin d'évaluer leur état de forme cardiaque et de possibilité de récupération. Elle est également utilisée à titre plus expérimental chez les nourrissons qui

présentent un reflux gastro-œsophagien (RGO). L'association des perturbations du SNA associées au RGO a été récemment mise en évidence chez l'adulte [39] mais n'avait jamais été étudiée chez l'enfant et le nourrisson.

Mesure de l'activité électrodermale

En 2007, deux études [36, 37] ont également retrouvé une augmentation significative de l'activité électrodermale chez les sujets électrosensibles. La réponse électrodermale (RED) est une modification des propriétés électriques de la peau en réponse à l'effort ou à l'inquiétude. Elle correspond à de brusques chutes de la résistance électrique cutanée liées au fonctionnement des glandes sudoripares (changement de perméabilité et mouvements d'ions associés à la libération de sueur au niveau du canal excréteur). Élevée au cours des états de faible vigilance, cette résistance décroît avec l'attention, la tension affective et l'émotion. L'activité électrodermale est sous la dépendance du système nerveux sympathique. La RED peut être mesurée, soit en enregistrant la résistance électrique de la peau, soit en enregistrant les faibles courants produits par le corps.

UNE PRISE EN CHARGE PRÉCOCE

Les symptômes peuvent être liés à une pathologie organique qu'il faudra rechercher ou éliminer par un bilan médical approprié avec l'aide du médecin traitant.

Selon certains auteurs, le pronostic est d'autant meilleur que la prise en charge est précoce [13]. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de traitement validé pour le syndrome d'hyper-sensibilité électromagnétique [14]. Dans une étude récente, les traitements par chélation des métaux

lourds qui sont parfois proposés ne font pas la preuve de leur efficacité [11].

Il semble que les thérapies cognitivo-comportementales centrées sur les symptômes (et non sur leurs causes) et les prises en charge globales et pluridisciplinaires des personnes soient à privilégier [14].

Le traitement doit se concentrer sur la prise en charge des symptômes et sur le tableau clinique et non sur le ressenti des personnes à éviter l'exposition. En effet, bien qu'efficaces au début, les mesures de prévention pour réduire l'exposition en milieu professionnel et personnel sont à terme délétères. Plusieurs auteurs [13] rapportent une aggravation et une chronicisation de la symptomatologie suite au développement de conduites d'évitement ayant pour conséquence une désinsertion socioprofessionnelle, un isolement et l'atteinte de la qualité de vie, sans qu'il y ait pour autant une disparition des symptômes.

L'orientation précoce vers un centre de consultation de pathologie professionnelle (CCPP) peut s'avérer utile d'une part pour refaire le point sur les expositions et les risques sanitaires connus, d'autre part pour proposer une prise en charge globale à des patients qui sont parfois en errance médicale.

Une étude nationale multicentrique dans le cadre d'un programme hospitalier national de recherche clinique (PHRC), faisant participer plusieurs CCPP a été débutée en mars 2012. Elle vise à évaluer, chez les patients atteints d'intolérance environnementale idiopathique (« hypersensibilité ») attribuée aux champs électromagnétiques, leur sensibilité vis-à-vis de leur exposition ainsi que leur état de santé et leur qualité de vie. Il est prévu d'inclure une centaine de personnes présentant un syndrome d'intolérance environ-

nementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Le recueil de données de cette étude pilote, nationale, multicentrique est prévu sur 44 mois.

Les patients sont reçus dans le CCPP de leur région. Plusieurs consultations médicales sont prévues selon un protocole harmonisé au niveau national afin de recueillir les symptômes, de caractériser et mesurer les expositions aux CEM pendant une semaine et d'évaluer le retentissement des souffrances psychologiques et sociales. Un suivi des symptômes est prévu à un an.

La liste des centres de consultation de pathologie professionnelle et de l'environnement participants est disponible sur le site : www.radiofrequences.gouv.fr.

CONCLUSION

Les sources d'exposition aux champs électromagnétiques sont ubiquitaires et sont en nette augmentation, suite aux nombreux progrès techniques qui font usage de l'électricité, notamment en milieu de travail. Les proliférations d'ondes électromagnétiques couvrent tout le spectre des fréquences et posent la question d'effets potentiels sur la santé.

L'exposition des travailleurs porteurs de dispositifs médicaux implantables actifs aux champs électromagnétiques nécessite une évaluation précise des risques et une discussion multidisciplinaires entre le médecin du travail, le cardiologue, les fabricants et un centre de consultation de pathologie professionnelle.

De plus en plus de personnes se plaignent d'une intolérance environnementale idiopathique attribuée aux ondes électromagnétiques.

BIBLIOGRAPHIE
EN PAGE SUIVANTE



Intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

À ce jour, il n'existe pas de définition ou de critères diagnostiques formels de ce trouble en raison de la non-spécificité des symptômes rapportés et de l'absence d'étiologie établie. En l'état, leur souffrance doit être prise en compte et le traitement doit être principalement centré sur la prise en charge sanitaire des symptômes dans un cadre pluridisciplinaire. Les thérapies comportementales semblent être l'une des pistes thérapeutiques.

Pour la première fois en France, une étude visant à évaluer un protocole de prise en charge spécialisée de ces patients a débuté au premier trimestre 2012. Elle permettra de caractériser les patients, la structure de leurs symptômes et les expositions auxquelles elles sont soumises en vue d'un traitement éventuel.

POINTS À RETENIR

- Les champs électromagnétiques sont ubiquitaires en milieu professionnel et doivent faire l'objet d'une évaluation.
- L'hypersensibilité électromagnétique, syndrome analogue à celui des sensibilités chimiques multiples, s'intègre dans le cadre de l'intolérance environnementale idiopathique.
- Aucune étude n'a permis de montrer un lien formel entre l'exposition aux champs électromagnétiques et l'apparition des symptômes chez les personnes hypersensibles.
- Il n'existe pas à l'heure actuelle de traitement validé pour le syndrome d'hypersensibilité électromagnétique.
- Les prises en charge globales et pluridisciplinaires des personnes sont à privilégier.
- Le pronostic est d'autant meilleur que la prise en charge est précoce.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | CRASSON M - L'hypersensibilité à l'électricité : une approche multidisciplinaire pour un problème multifactoriel. *Revue de la littérature. Eur Rev Appl Psychol.* 2005 ; 55 (1) : 51-67.
- 2 | BISSERIEUX C, LAURENT P, CABARET P, BONNET C ET AL. - Généralités sur les rayonnements non ionisants jusqu'à 300 GHz. *Champs électromagnétiques.* Édition INRS ED 4201. Paris : INRS ; 2005 : 4 p.
- 3 | DE SEZE R, COURTIN C, GRUET P, BECKER M ET AL. - Exposition des travailleurs aux risques dus aux champs électromagnétiques. *Guide d'évaluation des risques.* Édition INRS ED 6136. Paris : INRS ; 2013 : 33 p.
- 4 | DE SEZE R, WEHR MO, MANSOUR E, MÈREAU P ET AL. - Effets biomédicaux des champs électromagnétiques et médecine du travail. Nîmes, 27-28 septembre 1997. *Notes de congrès TD 88. Doc Méd Trav.* 1998 ; 73 : 47-53. (abandonné)
- 5 | HÉE G, MÈREAU P, DORNIER G, HERRAULT J ET AL. - Champs et ondes électromagnétiques (0Hz-300 GHz). 2^e édition. *Le Point des connaissances* sur... Édition INRS ED 5004. Paris : INRS ; 2002 : 4 p.
- 6 | BISSERIEUX C, LAURENT P, CABARET P, RENARD C ET AL. - Les sources de rayonnements non ionisants (jusqu'à 60 GHz). *Champs électromagnétiques.* Édition INRS ED 4202. Paris : INRS ; 2004 : 4 p.
- 7 | NF EN 50527-1 - Procédure pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs porteurs de dispositifs médicaux implantables actifs aux champs électromagnétiques - Partie 1 : Généralités. Norme française homologuée NF EN 50527-1. Juillet 2010. *Indice de classement C 99-130-1.* La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2010 : 46 p.
- 8 | Procédure pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs porteurs de dispositifs médicaux implantables actifs aux champs électromagnétiques - Partie 2-1 : spécification d'évaluation pour les travailleurs avec un simulateur cardiaque. Généralités. Norme française homologuée NF EN 50527-2-1. *Indice de classement C 99-130-2-1.* La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2011 : 77 p.
- 9 | BISSERIEUX C, LAURENT P, CABARET P, RENARD C ET AL. - Les stimulateurs cardiaques. *Champs électromagnétiques.* Édition INRS ED 4206. Paris : INRS ; 2004 : 4 p.
- 10 | KNAVE BG, WIBOM RI, VOSS M, HEDSTRÖM LD ET AL. - Work with video display terminals among office employees. I. Subjective symptoms and discomfort. *Scand J Work Environ Health.* 1985 ; 11 (6) : 457-66.
- 11 | SCHRÖTTNER J, LEITGEB N - Sensitivity to electricity-temporal changes in Austria. *BMC Public Health.* 2008 ; 8 : 310.
- 12 | BALIATSAS C, VAN KAMP I, LEBRET E, RUBIN GJ - Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. *BMC Public Health.* 2012 ; 12 : 643.
- 13 | Electrosensibilité EHS. Belgian BioElectroMagnetics Group (BBEMG), 2013 (www.bbemg.ulg.ac.be/fr/sante/electrosensibilite.html).
- 14 | Les radiofréquences. Mise à jour de l'expertise relative aux

- radiofréquences. Rapport d'expertise collective. Avis de l'AFSSET. Maisons-Alfort : AFSSET ; 2009 : 469 p., 22 p.
- 15 | ELITTI S, WALLACE D, ZOUKOU K, RUSSO R ET AL. - Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics*. 2007 ; 28 (2) : 137-51.
- 16 | Champs électromagnétiques et santé publique. Hypersensibilité électromagnétique. Aide-mémoire n° 296. Genève : OMS ; 2005 : 3 p.
- 17 | CRASSON M - 50-60 Hz electric and magnetic field effects on cognitive function in humans: a review. *Radiat Prot Dosimetry*. 2003 ; 106 (4) : 333-40.
- 18 | AL-KHLAIWI T, MEO SA - Association of mobile phone radiation with fatigue, headache, dizziness, tension and sleep disturbance in Saudi population. *Saudi Med J*. 2004 ; 25 (6) : 732-36.
- 19 | SANDSTRÖM M, WILEN J, OFTEDAL G, HANSSON MILD K - Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup Med (Lond)*. 2001 ; 51 (1) : 25-35.
- 20 | SANTINI R, SEIGNE M, BONHOMME-FAIVRE L, BOUFFET S ET AL. - Symptoms reported by mobile cellular telephone users. *Pathol Biol*. 2001 ; 49 (3) : 222-26.
- 21 | WILEN J, SANDSTRÖM M, HANSSON MILD K - Subjective symptoms among mobile phone users--a consequence of absorption of radiofrequency fields? *Bioelectromagnetics*. 2003 ; 24 (3) : 152-59.
- 22 | ANDERSSON B, BERG M, ARNETZ BB, MELIN L ET AL. - A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from "electric hypersensitivity". Subjective effects and reactions in a double-blind provocation study. *J Occup Environ Med*. 1996 ; 38 (8) : 752-58.
- 23 | KOIVISTO M, HAARALA C, KRAUSE CM, REVONSUO A ET AL. - GSM phone signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics*. 2001 ; 22 (3) : 212-15.
- 24 | LYSKOV E, SANDSTRÖM M, HANSSON MILD K - Neurophysiological study of patients with perceived "electrical hypersensitivity". *Int J Psychophysiol*. 2001 ; 42 (3) : 233-41.
- 25 | LYSKOV E, SANDSTRÖM M, MILD KH - Provocation study of persons with perceived electrical hypersensitivity and controls using magnetic field exposure and recording of electrophysiological characteristics. *Bioelectromagnetics*. 2001 ; 22 (7) : 457-62.
- 26 | RUBIN GJ, NIETO-HERNANDEZ R, WESSELY S - Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly "electromagnetic hypersensitivity") : An updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*. 2010 ; 31 (1) : 1-11.
- 27 | BERGQVIST U, WAHLBERG JE - Skin symptoms and disease during work with visual display terminals. *Contact Dermatitis*. 1994 ; 30 (4) : 197-204.
- 28 | STENBERG B, ERIKSSON N, MILD KH, HÖÖG J ET AL. - Facial skin symptoms in visual display terminal (VDT) workers. A case-referent study of personal, psychosocial, building- and VDT-related risk indicators. *Int J Epidemiol*. 1995 ; 24 (4) : 796-803.
- 29 | SANDSTRÖM M, LYSKOV E, BERGLUND A, MEDVEDEV S ET AL. - Neurophysiological effects of flickering light in patients with perceived electrical hypersensitivity. *J Occup Environ Med*. 1997 ; 39 (1) : 15-22.
- 30 | LEVALLOIS P - Hypersensitivity of human subjects to environmental electric and magnetic field exposure: a review of the literature. *Environ Health Perspect*. 2002 ; 110 (Suppl 4) : 613-18.
- 31 | ERIKSSON N, HÖÖG J, MILD KH, SANDSTRÖM M ET AL. - The psychosocial work environment and skin symptoms among visual display terminal workers: a case referent study. *Int J Epidemiol*. 1997 ; 26 (6) : 1250-57.
- 32 | HILLERT L, KOLMODIN-HEDMAN B, ENEROTH P, ARNETZ BB - The effect of supplementary antioxidant therapy in patients who report hypersensitivity to electricity: a randomized controlled trial. *MedGenMed*. 2001 ; 3 (2) : 11.
- 33 | GANGI S, JOHANSSON O - Skin changes in "screen dermatitis" versus classical UV- and ionizing irradiation-related damage--similarities and differences. *Exp Dermatol*. 1997 ; 6 (6) : 283-91.
- 34 | GANGI S, JOHANSSON O - A theoretical model based upon mast cells and histamine to explain the recently proclaimed sensitivity to electric and/or magnetic fields in humans. *Med Hypotheses*. 2000 ; 54 (4) : 663-71.
- 35 | RUBIN GJ, HILLERT L, NIETO-HERNANDEZ R, VAN RONGEN E ET AL. - Do people with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields display physiological effects when exposed to electromagnetic fields? A systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*. 2011 ; 32 (8) : 593-609.
- 36 | Andrzejak R, Poreba R, Poreba M, Derkacz A et al. - The influence of the call with a mobile phone on heart rate variability parameters in healthy volunteers. *Ind Health*. 2008 ; 46 (4) : 409-17.
- 37 | PARAZZINI M, RAVAZZANI P, TOGNOLA G, THURÓCZY G ET AL. - Electromagnetic fields produced by GSM cellular phones and heart rate variability. *Bioelectromagnetics*. 2007 ; 28 (2) : 122-29.
- 38 | Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J*. 1996 ; 17 (3) : 354-81.
- 39 | DOBREK L, NOWAKOWSKI M, MAZUR M, HERMAN RM ET AL. - Disturbances of the parasympathetic branch of the autonomic nervous system in patients with gastroesophageal reflux disease (GERD) estimated by short-term heart rate variability recordings. *J Physiol Pharmacol*. 2004 ; 55 (Suppl 2) : 77-90.