



Original NCBI PubMed  
Étude Scientifique US

[Evidence for a Connection between COVID Disease-19  
and Exposure to Radiofrequency Radiation from Wireless  
Telecommunications Including 5G](#)

## **Preuve d'un lien entre la COVID-19 et l'exposition aux rayonnements des radiofréquences millimétriques micro-ondes des communications sans fil (5G incluse)**

**Beverly Rubik (1) et Robert R. Brown (2)**

- 1 Collège de médecine intégrative et des sciences de la santé, Université Saybrook, Pasadena CA; Institut pour la science des frontières, Oakland, Californie, États-Unis

- 2 Département de radiologie, Hôpital Hamot, Centre médical de l'Université de Pittsburgh, Erie, PA; Partenaires en radiologie, Phoenix, AZ, États-Unis

Institut pour la science des frontières Oakland, Californie, États-Unis

### **Résumé :**

#### **Contexte et objectif**

**La politique de santé publique du COVID-19 s'est concentrée sur le virus SRAS-CoV-2 alors que les conséquences des impacts des effets sur la santé humaine issus de facteurs environnementaux ont été largement ignorés.**

En considérant la triade épidémiologique (agent-hôte-environnement) applicable à toutes les maladies, nous avons étudié un possible facteur environnemental dans la pandémie COVID-19: les irradiations par les radiofréquences artificielles ambiantes des systèmes de communication sans fil, y compris les micro-ondes et ondes millimétriques.

COVID-19 fait surface à Wuhan, en Chine, peu de temps après la mise en œuvre de la 5G à l'échelle de la ville (cinquième génération de rayonnement sans fil), et il s'est répandu dans le monde entier, démontrant une corrélation statistique avec les communautés des antennes 5G installées dans le monde.

Dans cette étude, nous avons examiné la littérature scientifique sur les effets biologiques néfastes de l'impact des radiofréquences (RF) et identifié plusieurs façons dont le RF peut être un contributeur au COVID-19 en tant que cofacteur environnemental toxique.

Nous concluons que les RF et en particulier la 5G, qui implique une densification des infrastructures 4G a exacerbé la prévalence et la gravité du COVID-19 **par un affaiblissement de l'immunité de l'hôte et une augmentation de la virulence du SRAS-CoV-2** en (1) provoquant des changements morphologiques dans les érythrocytes, y compris les échinocytes et formation de rouleaux qui peuvent contribuer à l'hypercoagulation ; (2), altérer la microcirculation et réduire les niveaux d'érythrocytes et d'hémoglobine exacerbant l'hypoxie; (3) amplifier le dysfonctionnement du système immunitaire, y compris l'immunosuppression, l'auto-immunité et l'hyperinflammation; (4) augmentation stress oxydatif cellulaire et production de radicaux libres exacerbant les blessures vasculaires et dommages aux organes; (5) Augmenter le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire essentiel pour l'entrée, la réplication et la libération virales, en plus de promouvoir les pro-voies inflammatoires ; et (6) aggravation des arythmies cardiaques et troubles.

## ***Pertinence pour les patients :***

En bref, les RF sont un facteur de stress environnemental omniprésent qui contribuent aux effets néfastes sur la santé du COVID-19.

Nous invoquons le Principe de précaution et recommandons fortement un moratoire sur les infrastructures de la 5G par rapport à ce moment crucial pour aider à atténuer la pandémie et pour préserver la santé publique jusqu'à ce que les normes de sécurité gouvernementales pour les expositions aux RF basées sur les recherches actuelles et futures sont définies et utilisées.

## **1. Introduction**

### ***1.1. Contexte***

COVID-19 a été au centre des préoccupations internationales politiques de santé publique tout au long de 2020. **Malgré des protocoles de santé publique sans précédent pour réprimer la pandémie, le nombre de cas de COVID-19 continue de monter.**

Nous proposons une réévaluation des stratégies de notre santé publique.

Selon le Center for Disease Control et Prévention (CDC, 2020), **le modèle de maladie le plus simple de causalité est une triade épidémiologique composée de trois facteurs interactifs: l'agent (pathogène), l'environnement et l'état de santé de l'hôte.**[1]

Extensif des recherches sont en cours sur l'agent (SRAS-CoV-2).

Facteurs de risque qui rendent un hôte plus susceptible de succomber la maladie a ont été élucidés.

Cependant les facteurs environnementaux n'ont pas été suffisamment explorés.

Y a-t-il des facteurs environnementaux impliqués et des mesures que nous pouvons prendre pour atténuer le COVID-19?

Dans cette recherche, nous étudions le rôle de l'impact des rayonnements de la communication du sans-fil comme facteur de stress environnemental ce qui est avéré et répandu.

Ceci est le premier article complet examinant les preuves scientifiques que les Rayonnements des Radiofréquences y compris le 5G (cinquième génération de la technologie de la communication sans fil), désormais appelé WCR, qui peut être un facteur contributif du COVID-19. [2]

**Les RF issus de la technologie du sans-fil (WCR) ont déjà été reconnues comme une forme de pollution de l'environnement et facteur de stress physiologique (Balmori, 2009). Les évaluations des effets néfastes sur la santé des RF sont cruciales pour développer une information au public efficace et rationnelle ainsi qu'aux autorités de santé et aux politiques ceci afin d'accélérer l'éradication de la Pandémie du Covid19.**

**De plus, parce que nous sommes actuellement en cours du déploiement mondial de la 5G, il est essentiel de considérer les effets néfastes des RF sur la santé avant qu'il ne soit trop tard (avant que le public ne soit lésé).**

La 5G est un protocole qui utilisera des bandes haute fréquence du spectre électromagnétique dans la vaste gamme des radiofréquences de 600 MHz à 90 GHz, ce qui comprend des ondes millimétriques, en plus de celles utilisées des bandes de micro-ondes 3G et 4G LTE.

Elles sont focalisées et pulsées par des faisceaux de rayonnements qui seront émis par les nouvelles stations de base et antennes relais placées souvent à proximité des maisons et des écoles afin que les utilisateurs puissent accéder au réseau 5G.

Le système nécessite une densification importante de la 4G ainsi que des nouvelles antennes relais 5G qui engendrera une augmentation considérable de l'irradiation micro-ondes de la population à l'intérieur des structures mais aussi en plein air.

En outre, jusqu'à 100 000 satellites sont prévus pour être lancés en orbite terrestre basse pour réaliser un réseau sans fil mondial 5G.

Cette nouvelle infrastructure va modifier considérablement la pollution environnementale électromagnétique artificielle mondiale à des niveaux sans précédent et peuvent causer des conséquences inconnues pour l'ensemble de la biosphère, y compris chez les humains.

La COVID-19 a commencé à Wuhan, en Chine, en décembre 2019, peu de temps après la mise en service de la 5G à l'échelle de la ville le 31 octobre 2019. Des éclosions de COVID-19 ont rapidement suivi dans d'autres domaines où la 5G avait également été au moins partiellement mise en œuvre, y compris la Corée du Sud, l'Italie du Nord, New York, Seattle et Californie du Sud. [4]

En avril 2020, Payeras et Cifre (2020) ont rapporté une corrélation statistiquement significative entre la densité des antennes relais 5G et les localisations des cas de COVID-19 dans des régions spécifiques à travers le monde.

Au cours de la première vague aux États-Unis, les cas attribués au COVID-19 et les décès étaient plus élevés dans les États dotés d'une infrastructure 5G par rapport aux États qui n'avaient pas encore cette technologie (Tsiang et Havas, manuscrit publiés). [5]

Il existe un grand nombre de publications évaluées par des pairs, car avant la Seconde Guerre mondiale, sur les effets biologiques de l'impact des rayonnements du sans-fil sur de nombreux aspects de notre santé.

En examinant cette littérature, nous avons trouvé des intersections entre la physiopathologie du COVID-19 et les effets biologiques néfastes de l'exposition aux rayonnements du sans fil.

**Nous présentons ici la preuve que les RF artificielles micro-ondes des WCR sont une contribution de facteur exacerbant la COVID-19.**

## ***1.2. Vue d'ensemble sur la COVID-19***

a présentation clinique de COVID-19 s'est avérée très variable, avec un large éventail de symptômes et une variabilité d'un cas à l'autre. Selon le CDC, les premiers symptômes de la maladie peuvent inclure des maux de gorge, des maux de tête, de la fièvre, de la toux, des frissons, entre autres. Des symptômes plus graves, notamment un essoufflement, une fièvre élevée et une fatigue intense, peuvent survenir à un stade ultérieur. Les séquelles neurologiques de la perte du goût et de l'odorat ont également été décrites.

Ing et al. [6] ont déterminé que 80 % des personnes touchées présentent des symptômes légers ou aucun, mais les populations plus âgées et celles présentant des comorbidités, telles que l'hypertension, le diabète et l'obésité, ont un risque plus élevé de maladie grave [7]. Le syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) peut survenir rapidement [8] et provoquer un essoufflement sévère, car les cellules endothéliales tapissant les vaisseaux sanguins et les cellules épithéliales tapissant les voies respiratoires perdent leur intégrité et un fluide riche en protéines s'infiltre dans les sacs aériens adjacents. COVID-19 peut provoquer des niveaux d'oxygène insuffisants (hypoxie) qui ont été observés chez jusqu'à 80% des patients des unités de soins intensifs (USI) [9] présentant une détresse respiratoire. Une diminution de l'oxygénation et des niveaux élevés de dioxyde de carbone dans le sang des patients ont été observés, bien que l'étiologie de ces résultats reste incertaine.

Des dommages oxydatifs massifs aux poumons ont été observés dans des zones d'opacification de l'espace aérien documentées sur des radiographies thoraciques et des tomodensitogrammes (TDM) chez des patients atteints de pneumonie SARS-CoV-2 [10]. Ce stress cellulaire peut indiquer une étiologie biochimique plutôt que virale [11].

Parce que le virus disséminé peut s'attacher aux cellules contenant un récepteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) ; il peut se propager et endommager les organes et les tissus mous dans tout le corps, y compris les poumons, le cœur, les intestins, les reins, les vaisseaux sanguins, la graisse, les testicules et les ovaires, entre autres. La maladie peut augmenter l'inflammation systémique et induire un état d'hypercoagulabilité. Sans anticoagulation, les caillots sanguins intravasculaires peuvent être dévastateurs [12].

Chez les patients COVID-19 appelés « long-courriers », les symptômes peuvent croître et décroître pendant des mois [13]. L'essoufflement, la fatigue, les douleurs articulaires et les douleurs thoraciques peuvent devenir des symptômes persistants. Un brouillard cérébral post-infectieux, une arythmie cardiaque et une hypertension d'apparition récente ont également été décrits. Les complications chroniques à long terme du COVID-19 sont définies au fur et à mesure que les données épidémiologiques sont collectées au fil du temps.

Alors que notre compréhension du COVID-19 continue d'évoluer, les facteurs environnementaux, en particulier ceux des champs électromagnétiques de communication sans fil, restent des variables inexplorées qui peuvent contribuer à la maladie, y compris sa gravité chez certains patients. Ensuite, nous résumons les effets biologiques de l'exposition à la WCR à partir de la littérature scientifique évaluée par des pairs publiés au fil des décennies.

### ***1.3. Vue d'ensemble des effets biologiques du rayonnement radiofréquence WCR***

Les organismes sont des êtres électrochimiques. WCR de bas niveau des appareils, y compris les antennes de base de téléphonie mobile, les protocoles de réseau sans fil utilisés pour la mise en réseau local des appareils et l'accès Internet, marque déposée comme Wi-Fi (officiellement IEEE 802.11b Direct Sequence protocol ; IEEE, Institute of Electrical and Electronic Engineers) par l'alliance Wi-Fi, et les téléphones portables, entre autres, peuvent perturber la régulation de nombreuses fonctions physiologiques.

Des effets biologiques non thermiques (inférieurs à la densité de puissance qui provoque un échauffement des tissus) d'une très faible exposition à la WCR ont été signalés dans de nombreuses publications scientifiques évaluées par des pairs à des densités de puissance inférieures aux directives d'exposition de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) [14].

Le WCR de bas niveau s'est avéré avoir un impact sur l'organisme à tous les niveaux d'organisation, du niveau moléculaire au niveau cellulaire, physiologique, comportemental et psychologique.

De plus, il a été démontré qu'il provoque des effets systémiques néfastes sur la santé, notamment un risque accru de cancer [15], des modifications endocriniennes [16], une augmentation de la production de radicaux libres [17], des dommages à l'acide désoxyribonucléique (ADN) [18], des modifications du système reproducteur [19], des troubles de l'apprentissage et de la mémoire [20] et des troubles neurologiques [21]

**Avoir évolué dans un naturel extrêmement bas de niveau de fonds en radiofréquences, les organismes n'ont pas la capacité de s'adapter à des niveaux élevés de rayonnements artificiels micro-ondes des nouvelles technologies du sans-fil avec une modulation d'impulsions numériques en rafales.**

La littérature scientifique mondiale évaluée par des pairs a documenté des preuves d'effets biologiques néfastes de l'exposition à la WCR, y compris les fréquences 5G sur plusieurs décennies.

La littérature soviétique et d'Europe de l'Est des années 1960 aux années 1970 démontre des effets biologiques importants, même à des niveaux d'exposition plus de 1000 fois inférieurs à 1 mW/cm<sup>2</sup>, la ligne directrice actuelle pour l'exposition maximale du public aux États-Unis.

Des études orientales sur des sujets animaux et humains ont été réalisées à de faibles niveaux d'exposition (<1mW/cm<sup>2</sup>) pendant de longues durées (généralement des mois).

Les effets biologiques nocifs des niveaux d'exposition à la WCR inférieurs à 0,001 mW/cm<sup>2</sup> ont également été documentés dans la littérature occidentale.

Des dommages à la viabilité du sperme humain, y compris la fragmentation de l'ADN par des ordinateurs portables connectés à Internet à des densités de puissance de 0,0005 à 0,001 mW/cm<sup>2</sup> ont été signalés [22].

L'exposition humaine chronique à 0,000006 - 0,00001 mW/cm<sup>2</sup> a produit des changements significatifs dans les hormones de stress humaines suite à l'installation d'une station de base de téléphone portable [23].

Les expositions humaines aux rayonnements des téléphones portables à 0,00001 – 0,00005 mW/cm<sup>2</sup> ont entraîné des plaintes de maux de tête, de problèmes neurologiques, de troubles du sommeil et de concentration, correspondant au « mal des micro-ondes » [24,25].

Les effets du WCR sur le développement prénatal chez des souris placées à proximité d'un « parc d'antennes » exposées à des densités de puissance de 0,000168 à 0,001053 mW/cm<sup>2</sup> ont montré une diminution progressive du nombre de nouveau-nés et abouti à une infertilité irréversible [26].

La plupart des recherches américaines ont été effectuées sur de courtes durées de quelques semaines ou moins. Ces dernières années, il y a eu peu d'études à long terme sur les animaux ou les humains.

Les maladies dues à l'exposition à la WCR ont été documentées depuis les premières utilisations du radar. Une exposition prolongée aux micro-ondes et aux ondes millimétriques du radar a été associée à divers troubles appelés « mal des ondes radio » il y a des décennies par les scientifiques russes.

Une grande variété d'effets biologiques provenant des densités de puissance non thermique de la WCR ont été signalés par des groupes de recherche soviétiques depuis les années 1960.

Une bibliographie de plus de 3700 références sur les effets biologiques rapportés dans la littérature scientifique mondiale a été publiée en 1972 (révisée en 1976) par l'US Naval Medical Research Institute [27,28].

Plusieurs études russes pertinentes sont résumées comme suit.

Les recherches sur les cultures de bactéries *Escherichia coli* montrent des fenêtres de densité de puissance pour les effets de résonance micro-ondes pour une stimulation de 51,755 GHz de la croissance bactérienne, observées à des densités de puissance extrêmement faibles de 10-13 mW/cm<sup>2</sup> [29], illustrant un effet biologique de niveau extrêmement faible.

Plus récemment, des études russes ont confirmé des résultats antérieurs de groupes de recherche soviétiques sur les effets de 2,45 GHz à 0,5 mW/cm<sup>2</sup> sur des rats (exposition de 30 jours pendant 7 h/jour), démontrant la formation d'anticorps dirigés contre le cerveau (réponse auto-immune) et des réactions de stress. [30].

Dans une étude à long terme (1 à 4 ans) comparant des enfants qui utilisent des téléphones portables à un groupe témoin, des changements fonctionnels, notamment une plus grande fatigue, une diminution de l'attention volontaire et un affaiblissement de la mémoire sémantique, entre autres changements psychophysiologiques indésirables, ont été signalés [31].

Les principaux rapports de recherche russes qui sous-tendent la base scientifique des directives soviétiques et russes d'exposition à la WCR pour protéger le public, qui sont bien inférieures aux directives américaines, ont été résumés [32].

Par comparaison avec les niveaux d'exposition utilisés dans ces études, nous avons mesuré le niveau ambiant de WCR de 100 MHz à 8 GHz au centre-ville de San Francisco, Californie en décembre 2020, et avons trouvé une densité de puissance moyenne de 0,0002 mW/cm<sup>2</sup>. Ce niveau est issu de la superposition de plusieurs dispositifs WCR. Il est environ  $2 \times 10^{10}$  fois au-dessus du fond naturel.

Le rayonnement radiofréquence pulsé tel que le WCR présente des effets biologiques sensiblement différents, à la fois qualitativement et quantitativement (généralement plus prononcés) par rapport aux ondes continues à des densités de puissance moyennes dans le temps similaires [33-36].

Les mécanismes d'interaction spécifiques ne sont pas bien compris. Tous les types de communications sans fil utilisent des fréquences extrêmement basses (ELF) dans la modulation des signaux porteurs radiofréquence, généralement des impulsions pour augmenter la capacité des informations transmises.

Cette combinaison de rayonnement radiofréquence et de modulation(s) ELF est généralement plus bioactive, car il est supposé que les organismes ne peuvent pas s'adapter facilement à des formes d'ondes qui changent rapidement [37-40].

Par conséquent, la présence de composants ELF des ondes radiofréquences provenant d'impulsions ou d'autres modulations doit être prise en compte dans les études sur les effets biologiques de la WCR.

Malheureusement, le rapport de ces modulations n'a pas été fiable, en particulier dans les études plus anciennes [41].

Le rapport BioInitiative [42], rédigé par 29 experts de dix pays et mis à jour en 2020, fournit un résumé scientifique contemporain de la littérature sur les effets biologiques et les conséquences sur la santé de l'exposition à la WCR, y compris un recueil de recherches à l'appui.

Des revues récentes ont été publiées [43-46]. Deux revues complètes sur les effets biologiques des ondes millimétriques rapportent que même des expositions à court terme produisent des effets biologiques marqués [47,48]

## 2. Méthodes

Une étude de la littérature en cours sur le déroulement la physiopathologie du COVID-19 a été réalisée tout au long de 2020. Pour étudier un éventuel lien avec effets biologiques de l'exposition aux irradiations des RF du spectre des micro-ondes, nous avons examiné plus de 250 rapports de recherche évalués par des pairs de 1969 à 2020, y compris des revues et des études sur les cellules, les animaux et les humains. Cela incluait la littérature mondiale en anglais et les rapports russes traduits en anglais, sur l'impact des RF de 600 MHz - 90 GHz, du spectre des rayonnements des communications du sans fil (2G à- 5G inclus), à la non densité de puissance thermique ( $<5 \text{ mW} / \text{cm}^2$ ) et avec un accent particulier sur les faibles densités de puissance ( $<1 \text{ mW} / \text{cm}^2$ ) et les expositions à long terme. Les mêmes termes de recherche suivants ont été utilisés dans les requêtes dans MEDLINE® et la Défense Centre d'information technique (<https://discover.dtic.mil>) pour trouver des rapports d'études pertinents: rayonnement radiofréquence, micro-ondes, ondes millimétriques, radar, MHz, GHz, sang,

globule rouge, érythrocyte, hémoglobine, hémodynamique, oxygène, hypoxie, vasculaire, inflammation, pro-inflammatoire, immunitaire, lymphocyte, lymphocyte T, cytokine, calcium intracellulaire, fonction sympathique, arythmie, coeur, cardiovasculaire, stress oxydatif, glutathion, ROS(espèces réactives de l'oxygène), COVID-19, virus et SRAS-CoV-2.

Etudes professionnelles sur les travailleurs exposés aux RF ont été incluses. [49]

À partir de l'analyse de ces études en comparaison avec de nouvelles informations se déroulant sur le physiopathologie du COVID-19, nous avons identifié plusieurs façons dont les effets biologiques néfastes de l'exposition aux RF peuvent intersecter avec les manifestations COVID-19 et organiser nos résultats en cinq catégories.

## 3. Résultats

Le tableau 1 répertorie les manifestations communes à Covid-19 y compris la progression de la maladie et les effets biologiques néfastes de l'exposition aux RF. Bien que ces effets soient divisés en catégories - sang et changements vasculaires, stress oxydatif, système immunitaire perturbation, augmentation du  $\text{Ca}^{2+}$  niveaux et cardiaque arythmies - il faut souligner que ces effets ne sont pas indépendants les uns des autres. Par exemple, le sang la coagulation et l'inflammation se chevauchent, les mécanismes et le stress oxydatif sont impliqués dans des modifications morphologiques des érythrocytes ainsi que dans l'hypercoagulation, l'inflammation et dommages aux organes.

## Tableau 1

### Effets biologiques de l'exposition aux rayonnements de communication sans fil (WCR) en relation avec les manifestations de COVID-19 et leur progression

Effets biologiques de l'exposition aux rayonnements des communications sans fil (WCR – Wireless Communication)	COVID-19 Manifestations
<p><b>Le sang change</b> À court terme : rouleaux, échinocytes À long terme : temps de coagulation sanguine réduit, hémoglobine réduite, troubles hémodynamiques</p>	<p><b>Le sang change</b> Rouleaux, échinocytes Effets sur l'hémoglobine ; effets vasculaires → Hémoglobine réduite en cas de maladie grave ; anémie hémolytique auto-immune ; hypoxémie et hypoxie → Blessure endothéliale ; microcirculation altérée ; hypercoagulation ; coagulopathie intravasculaire disséminée (CIVD) ; embolie pulmonaire ; accident vasculaire cérébral</p>
<p><b>Stress oxydant</b> Diminution du niveau de glutathion ; augmentation des radicaux libres et du peroxyde lipidique ; diminution de l'activité de la superoxyde dismutase ; lésion oxydative dans les tissus et les organes</p>	<p><b>Stress oxydant</b> Diminution du niveau de glutathion ; augmentation et dommages des radicaux libres ; apoptose → Blessure oxydative ; dommages aux organes dans les maladies graves</p>
<p><b>Perturbation et activation du système immunitaire</b> Immunosuppression dans certaines études ; hyperactivation immunitaire dans d'autres études À long terme : suppression des lymphocytes T ; les biomarqueurs inflammatoires ont augmenté ; auto-immunité ; lésion d'organe</p>	<p><b>Perturbation et activation du système immunitaire</b> Diminution de la production de lymphocytes T ; biomarqueurs inflammatoires élevés. → Hyperactivation immunitaire et inflammation ; tempête de cytokines dans les maladies graves ; hypoperfusion induite par les cytokines avec hypoxie résultante ; lésion d'organes ; défaillance d'organe</p>
<p><b>Augmentation du calcium intracellulaire</b> De l'activation des canaux calciques voltage-dépendants sur les membranes cellulaires, avec de nombreux effets secondaires</p>	<p><b>Augmentation du calcium intracellulaire</b> → Augmentation de l'entrée, de la réplication et de la libération de virus → Augmentation du NF-κB, processus pro-inflammatoires, coagulation et thrombose</p>
<p><b>Effets cardiaques</b> Régulation à la hausse du système nerveux sympathique ; palpitations et arythmies</p>	<p><b>Effets cardiaques</b> Arythmies → Myocardite ; ischémie myocardique ; lésion cardiaque ; insuffisance cardiaque</p>
<p>Des preuves à l'appui, y compris les détails de l'étude et les citations, sont fournies dans le texte sous chaque de sujet, c'est-à-dire les changements sanguins, le stress oxydatif, etc...</p>	

### 3.1. Le sang change

L'exposition au WCR peut provoquer des changements morphologiques dans le sang facilement visibles par contraste de phase ou microscopie à fond noir d'échantillons de sang périphérique vivants.

En 2013, Havas a observé une agrégation érythrocytaire comprenant des rouleaux (rouleaux de globules rouges empilés) dans des échantillons de sang périphérique vivants après une exposition humaine de 10 minutes à un téléphone sans fil 2,4 GHz [50].

Bien qu'il n'ait pas été évalué par des pairs, l'un d'entre nous (Rubik) a étudié l'effet des rayonnements des téléphones portables 4G LTE sur le sang périphérique de dix sujets humains, dont chacun avait été exposé aux rayonnements des téléphones portables pendant deux intervalles consécutifs de 45 minutes [51].

Deux types d'effets ont été observés : une augmentation de l'adhérence et de l'agglutination des globules rouges avec la formation de rouleaux, et la formation subséquente d'échinocytes (globules rouges hérissés).

L'agglutination et l'agrégation des globules rouges sont connues pour être activement impliquées dans la coagulation du sang [52].

La prévalence de ce phénomène sur l'exposition au WCR dans la population humaine n'a pas encore été déterminée. Des études contrôlées à plus grande échelle devraient être réalisées pour approfondir l'étude de ce phénomène.

Des modifications similaires des globules rouges ont été décrites dans le sang périphérique des patients COVID-19 [53].

La formation de rouleaux a été observée chez 1/3 des patients COVID-19, alors que la formation de sphérocytes et d'échinocytes est plus variable.

L'engagement de la protéine de pointe avec les récepteurs ACE2 sur les cellules tapissant les vaisseaux sanguins peut entraîner des dommages endothéliaux, même isolés [54].

La formation de rouleaux, en particulier dans le cadre de lésions endothéliales sous-jacentes, peut obstruer la microcirculation, entraver le transport de l'oxygène, contribuer à l'hypoxie et augmenter le risque de thrombose [52].

La thrombogénèse associée à l'infection par le SRAS-CoV-2 peut également être causée par une liaison virale directe aux récepteurs ACE2 sur les plaquettes [55].

Des effets sanguins supplémentaires ont été observés chez les humains et les animaux exposés à la WCR.

En 1977, une étude russe a rapporté que des rongeurs irradiés avec des ondes de 5 à 8 mm (60 à 37 GHz) à 1 mW/cm<sup>2</sup> pendant 15 min/jour pendant 60 jours développaient des troubles hémodynamiques, supprimaient la formation de globules rouges, réduisaient l'hémoglobine et inhibition de l'utilisation de l'oxygène (phosphorylation oxydative par les mitochondries) [56].

En 1978, une étude russe de 3 ans sur 72 ingénieurs exposés à des générateurs d'ondes millimétriques émettant à 1 mW/cm<sup>2</sup> ou moins a montré une diminution de leur taux d'hémoglobine et de leur nombre de globules rouges, et une tendance à l'hypercoagulation, alors qu'un groupe témoin n'a montré aucun changement [57].

De tels effets hématologiques délétères de l'exposition au WCR peuvent également contribuer au développement de l'hypoxie et de la coagulation sanguine observés chez les patients COVID-19.

Il a été proposé que le virus SARS-CoV-2 attaque les érythrocytes et provoque une dégradation de l'hémoglobine [11].

Les protéines virales peuvent attaquer la chaîne 1-bêta de l'hémoglobine et capturer la porphyrine, ainsi que d'autres protéines du virus catalysant la dissociation du fer de l'hème [58].

En principe, cela réduirait le nombre d'érythrocytes fonctionnels et provoquerait la libération d'ions de fer libres qui pourraient provoquer un stress oxydatif, des lésions tissulaires et une hypoxie.

Avec l'hémoglobine partiellement détruite et le tissu pulmonaire endommagé par l'inflammation, les patients seraient moins capables d'échanger du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de l'oxygène (O<sub>2</sub>), et seraient appauvris en oxygène.

En fait, certains patients COVID-19 présentent des taux d'hémoglobine réduits, mesurant 7,1 g/L et même aussi bas que 5,9 g/L dans les cas graves [59].

Des études cliniques sur près de 100 patients de Wuhan ont révélé que les taux d'hémoglobine dans le sang de la plupart des patients infectés par le SRAS-CoV-2 sont considérablement réduits, ce qui compromet l'apport d'oxygène aux tissus et organes [60].

Dans une méta-analyse de quatre études portant sur un total de 1210 patients et 224 atteints d'une maladie grave, les valeurs d'hémoglobine ont été réduites chez les patients COVID-19 atteints d'une maladie grave par rapport à ceux atteints de formes plus légères [59].

Dans une autre étude sur 601 patients COVID-19, 14,7% des patients COVID-19 ICU anémiques et 9% des patients COVID-19 non-USI souffraient d'anémie hémolytique auto-immune [61].

Chez les patients atteints d'une maladie COVID-19 sévère, une diminution de l'hémoglobine ainsi qu'une vitesse de sédimentation érythrocytaire (VS) élevée, une protéine C réactive, la lactate déshydrogénase, l'albumine [62], la ferritine sérique [63] et une faible saturation en oxygène [64] fournissent un soutien supplémentaire pour cette hypothèse.

De plus, la transfusion de concentrés de globules rouges peut favoriser le rétablissement des patients atteints de COVID-19 souffrant d'insuffisance respiratoire aiguë [65].

**En bref, l'exposition au WCR et au COVID-19 peuvent provoquer des effets délétères sur les globules rouges et des taux d'hémoglobine réduits contribuant à l'hypoxie dans le COVID-19.**

**Les lésions endothéliales peuvent contribuer davantage à l'hypoxie et à bon nombre des complications vasculaires observées dans COVID-19 [66] qui sont discutées dans la section suivante.**

### **3.2. Stress oxydant**

Le stress oxydatif est une pathologie non spécifique traduisant un déséquilibre entre une production accrue de ROS et une incapacité de l'organisme à détoxifier les ROS ou à réparer les dommages qu'ils causent aux biomolécules et aux tissus [67].

Le stress oxydatif peut perturber la signalisation cellulaire, provoquer la formation de protéines de stress et générer des radicaux libres hautement réactifs, qui peuvent endommager l'ADN et la membrane cellulaire.

Le SARS-CoV-2 inhibe les voies intrinsèques conçues pour réduire les niveaux de ROS, augmentant ainsi la morbidité.

Un dérèglement immunitaire, c'est-à-dire la régulation positive de l'interleukine (IL)-6 et du facteur de nécrose tumorale (TNF- $\alpha$ ) [68] et la suppression de l'interféron (IFN) et de l'IFN [69] ont été identifiés dans la tempête de cytokines accompagnant infections graves au COVID-19 et génère un stress oxydatif [10].

Le stress oxydatif et le dysfonctionnement mitochondrial peuvent perpétuer davantage la tempête de cytokines, aggravant les lésions tissulaires et augmentant le risque de maladie grave et de décès.

De même, le WCR de bas niveau génère des ROS dans les cellules qui causent des dommages oxydatifs.

En fait, le stress oxydatif est considéré comme l'un des principaux mécanismes dans lesquels l'exposition au WCR provoque des dommages cellulaires.

Parmi les 100 études évaluées par des pairs actuellement disponibles examinant les effets oxydatifs du WCR de faible intensité, 93 de ces études ont confirmé que le WCR induit des effets oxydatifs dans les systèmes biologiques [17].

Le WCR est un agent oxydant à haut potentiel pathogène surtout lorsque l'exposition est continue [70].

Le stress oxydatif est également un mécanisme reconnu provoquant des dommages endothéliaux [71].

Cela peut se manifester chez les patients atteints de COVID-19 sévère en plus d'augmenter le risque de formation de caillots sanguins et d'aggraver l'hypoxémie [10].

De faibles niveaux de glutathion, le maître antioxydant, ont été observés dans un petit groupe de patients COVID-19, le niveau le plus bas étant trouvé dans les cas les plus graves [72].

La découverte de faibles niveaux de glutathion chez ces patients soutient en outre le stress oxydatif en tant que composante de cette maladie [72].

En fait, le glutathion, la principale source d'activité antioxydante à base de sulfhydryle dans le corps humain, peut être essentiel dans COVID-19 [73].

La carence en glutathion a été proposée comme la cause la plus probable des manifestations graves du COVID-19 [72].

Les comorbidités les plus fréquentes, l'hypertension [74] ; obésité [75] ; diabète [76] ; et la maladie pulmonaire obstructive chronique [74] soutiennent le concept selon lequel des conditions préexistantes provoquant de faibles niveaux de glutathion peuvent fonctionner en synergie pour créer la « tempête parfaite » pour les complications respiratoires et vasculaires d'une infection grave.

Un autre article citant deux cas de pneumonie COVID-19 traitée avec succès avec du glutathion intraveineux soutient également cette hypothèse [77].

De nombreuses études rapportent un stress oxydatif chez les humains exposés à la WCR. Peraïca et al. [78] ont trouvé une diminution des taux sanguins de glutathion chez les travailleurs exposés au WCR d'un équipement radar (0,01 mW/cm<sup>2</sup> – 10 mW/cm<sup>2</sup> ; 1,5 – 10,9 GHz).

Garaj-Vrhovac et al. [79] ont étudié les effets biologiques après exposition à des micro-ondes pulsées non thermiques provenant d'un radar marin (3 GHz, 5,5 GHz et 9,4 GHz) et ont signalé des niveaux de glutathion réduits et une augmentation du malondialdéhyde (marqueur du stress oxydatif) dans un groupe exposé professionnellement [79].

Le plasma sanguin des personnes résidant à proximité des stations de base de téléphonie mobile a montré des niveaux de glutathion, de catalase et de superoxyde dismutase significativement réduits par rapport aux témoins non exposés [80].

Dans une étude sur l'exposition humaine au WCR à partir de téléphones portables, une augmentation des taux sanguins de peroxyde lipidique a été signalée, tandis que les activités enzymatiques de la superoxyde dismutase et de la glutathion peroxydase dans les globules rouges ont diminué, indiquant un stress oxydatif [81].

Dans une étude sur des rats exposés à 2450 MHz (fréquence du routeur sans fil), le stress oxydatif a été impliqué dans la lyse des globules rouges (hémolyse) [82].

Dans une autre étude, des rats exposés à 945 MHz (fréquence de la station de base) à 0,367 mW/cm<sup>2</sup> pendant 7 h/jour, pendant 8 jours, ont montré de faibles niveaux de glutathion et une augmentation de l'activité enzymatique du malondialdéhyde et de la superoxyde dismutase, caractéristiques du stress oxydatif [83].

Dans une étude contrôlée à long terme sur des rats exposés à 900 MHz (fréquence de téléphonie mobile) à 0,0782 mW/cm<sup>2</sup> pendant 2 h/jour pendant 10 mois, il y a eu une augmentation significative du malondialdéhyde et du statut oxydant total par rapport aux témoins [84].

Dans une autre étude contrôlée à long terme sur des rats exposés à deux fréquences de téléphonie mobile, 1800 MHz et 2100 MHz, à des densités de puissance de 0,04 à 0,127 mW/cm<sup>2</sup> pendant 2 h/jour pendant 7 mois, des altérations significatives des paramètres oxydant-antioxydant, brin d'ADN des cassures et des dommages oxydatifs à l'ADN ont été trouvés [85].

Il existe une corrélation entre le stress oxydatif et la thrombogénèse [86].

Les ROS peuvent provoquer un dysfonctionnement endothélial et des dommages cellulaires.

Le revêtement endothélial du système vasculaire contient des récepteurs ACE2 qui sont ciblés par le SARS-CoV-2. L'endothéliite qui en résulte peut provoquer un rétrécissement luminal et entraîner une diminution du flux sanguin vers les structures en aval.

Les thrombus dans les structures artérielles peuvent obstruer davantage le flux sanguin, provoquant une ischémie et/ou des infarctus dans les organes impliqués, y compris des embolies pulmonaires et des accidents vasculaires cérébraux.

Une coagulation sanguine anormale conduisant à des micro-embolies était une complication reconnue au début de l'histoire de COVID-19 [87].

Sur 184 patients COVID-19 en soins intensifs, 31 % ont présenté des complications thrombotiques [88].

Les événements de coagulation cardiovasculaire sont une cause fréquente de décès par COVID-19 [12].

Une embolie pulmonaire, une coagulation intravasculaire disséminée (CIVD), une insuffisance hépatique, cardiaque et rénale ont toutes été observées chez des patients atteints de COVID-19 [89].

Les patients présentant les facteurs de risque cardiovasculaire les plus élevés dans COVID-19 incluent les hommes, les personnes âgées, les diabétiques et les patients obèses et hypertendus. Cependant, une augmentation de l'incidence des accidents vasculaires cérébraux chez les patients plus jeunes atteints de COVID-19 a également été décrite [90].

Le stress oxydatif est causé par l'exposition au WCR et est connu pour être impliqué dans les maladies cardiovasculaires.

L'exposition environnementale omniprésente au WCR peut contribuer aux maladies cardiovasculaires en créant un état chronique de stress oxydatif [91].

Cela entraînerait des dommages oxydatifs aux constituants cellulaires et altérerait les voies de transduction du signal.

De plus, le WCR modulé par les impulsions peut provoquer des lésions oxydatives dans les tissus du foie, des poumons, des testicules et du cœur médiées par la peroxydation lipidique, des niveaux accrus d'oxyde nitrique et la suppression du mécanisme de défense antioxydant [92].

**En résumé, le stress oxydatif est une composante majeure de la physiopathologie du COVID-19 ainsi que des dommages cellulaires causés par l'exposition au WCR.**

### **3.3. Perturbation et activation du système immunitaire**

Lorsque le SRAS-CoV-2 infecte pour la première fois le corps humain, il attaque les cellules tapissant le nez, la gorge et les voies respiratoires supérieures hébergeant des récepteurs ACE2.

Une fois que le virus a accès à une cellule hôte via l'une de ses protéines de pointe, qui sont les multiples protubérances faisant saillie de l'enveloppe virale qui se lient aux récepteurs ACE2, il convertit la cellule en une entité virale auto-répliquante.

En réponse à l'infection au COVID-19, il a été démontré qu'une réponse immunitaire innée systémique immédiate ainsi qu'une réponse adaptative retardée se produisent [93].

Le virus peut également provoquer un dérèglement de la réponse immunitaire, en particulier dans la diminution de la production de lymphocytes T. [94].

Les cas graves ont tendance à avoir une numération lymphocytaire plus faible, une numération leucocytaire et un rapport neutrophiles-lymphocytes plus élevés, ainsi que des pourcentages plus faibles de monocytes, d'éosinophiles et de basophiles [94].

Les cas graves de COVID-19 montrent la plus grande altération des lymphocytes T.

En comparaison, des études WCR de bas niveau sur des animaux de laboratoire montrent également une altération de la fonction immunitaire [95].

Les résultats comprennent des altérations physiques des cellules immunitaires, une dégradation des réponses immunologiques, une inflammation et des lésions tissulaires. Baranski [96] a exposé des cobayes et des lapins à des micro-ondes de 3000 MHz continues ou modulées par impulsions à une densité de puissance moyenne de 3,5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 3 h/jour pendant 3 mois et a trouvé des changements non thermiques dans le nombre de lymphocytes, des anomalies dans la structure nucléaire, et mitose dans la série cellulaire érythroblastique de la moelle osseuse et dans les cellules lymphoïdes des ganglions lymphatiques et de la rate.

D'autres chercheurs ont montré une diminution des lymphocytes T ou une suppression de la fonction immunitaire chez les animaux exposés à la WCR.

Des lapins exposés à 2,1 GHz à 5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 3 h/jour, 6 jours/semaine, pendant 3 mois, ont montré une suppression des lymphocytes T [97].

Les rats exposés à 2,45 GHz et 9,7 GHz pendant 2 h/jour, 7 jours/semaine, pendant 21 mois ont montré une diminution significative des taux de lymphocytes et une augmentation de la mortalité à 25 mois dans le groupe irradié [98].

Les lymphocytes prélevés sur des lapins irradiés à 2,45 GHz pendant 23 h/jour pendant 6 mois montrent une suppression significative de la réponse immunitaire à un mitogène [99].

En 2009, Johansson a mené une revue de la littérature, qui comprenait le 2007 Bioinitiative Report. Il a conclu que l'exposition aux champs électromagnétiques (CEM), y compris WCR, peut perturber le système immunitaire et provoquer des réponses allergiques et inflammatoires à des niveaux d'exposition nettement inférieurs aux limites de sécurité nationales et internationales actuelles et augmenter le risque de maladie systémique [100].

Une revue menée par Szmigielski en 2013 a conclu que de faibles champs RF/micro-ondes, tels que ceux émis par les téléphones portables, peuvent affecter diverses fonctions immunitaires à la fois in vitro et in vivo [101]. Bien que les effets soient historiquement quelque peu incohérents, la plupart des études de recherche documentent des modifications du nombre et de l'activité des cellules immunitaires dues à l'exposition aux RF. En général, une exposition à court terme à un faible rayonnement micro-ondes peut temporairement stimuler une réponse immunitaire innée ou adaptative, mais une irradiation prolongée inhibe ces mêmes fonctions.

Dans la phase aiguë de l'infection au COVID-19, les tests sanguins démontrent une VS élevée, une protéine C-réactive et d'autres marqueurs inflammatoires élevés [102], typiques d'une réponse immunitaire innée. La réplication virale rapide peut entraîner la mort des cellules épithéliales et endothéliales et entraîner des fuites de vaisseaux sanguins et une libération de cytokines pro-inflammatoires [103].

Les cytokines, les protéines, les peptides et les protéoglycanes qui modulent la réponse immunitaire du corps sont légèrement élevés chez les patients présentant une gravité de la maladie légère à modérée [104].

Chez les personnes atteintes d'une maladie grave, une libération incontrôlée de cytokines pro-inflammatoires - une tempête de cytokines - peut se produire.

Les tempêtes de cytokines proviennent d'un déséquilibre dans l'activation des lymphocytes T avec une libération dérégulée d'IL-6, d'IL-17 et d'autres cytokines.

La mort cellulaire programmée (apoptose), le SDRA, la CIVD et la défaillance de plusieurs organes peuvent tous résulter d'une tempête de cytokines et augmenter le risque de mortalité.

Par comparaison, des chercheurs soviétiques ont découvert dans les années 1970 que les rayonnements radiofréquences peuvent endommager le système immunitaire des animaux. Shandala [105] a exposé des rats à des micro-ondes de 0,5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 1 mois, 7 h/jour, et a constaté une altération de la compétence immunitaire et l'induction d'une maladie auto-immune.

Des rats irradiés à 2,45 GHz à 0,5 mW/cm<sup>2</sup> pendant 7 h par jour pendant 30 jours ont produit des réactions auto-immunes et 0,1 à 0,5 mW/cm<sup>2</sup> ont produit des réactions immunitaires pathologiques persistantes [106].

L'exposition au rayonnement micro-ondes, même à de faibles niveaux (0,1 – 0,5 mW/cm<sup>2</sup>), peut altérer la fonction immunitaire, provoquant des altérations physiques des cellules essentielles du système immunitaire et une dégradation des réponses immunologiques [107].

Szabo et al. [108] ont examiné les effets d'une exposition à 61,2 GHz sur les kératinocytes épidermiques et ont trouvé une augmentation de l'IL-1b, une cytokine pro-inflammatoire. Makar et al. [109] ont découvert que des souris immunodéprimées irradiées 30 min/jour pendant 3 jours à 42,2 GHz présentaient des niveaux accrus de TNF- $\alpha$ , une cytokine produite par les macrophages.

**En bref, COVID-19 peut entraîner un dérèglement immunitaire ainsi que des tempêtes de cytokines.**

**En comparaison, l'exposition à de faibles niveaux de WCR, telle qu'observée dans les études animales, peut également compromettre le système immunitaire, une exposition quotidienne chronique produisant une immunosuppression ou un dérèglement immunitaire, y compris une hyperactivation.**

### **3.4. Augmentation du calcium intracellulaire**

En 1992, Walleczek a suggéré pour la première fois que les champs électromagnétiques ELF (<3000 Hz) pouvaient affecter la signalisation du Ca<sup>2+</sup> à médiation membranaire et conduire à une augmentation du Ca<sup>2+</sup> intracellulaire [110].

Le mécanisme de déclenchement irrégulier des canaux ioniques voltage-dépendants dans les membranes cellulaires par des champs électriques ou magnétiques oscillants polarisés et cohérents a été présenté pour la première fois en 2000 et 2002 [40,111]. Pall [112] dans son examen des effets biologiques induits par le WCR

combinés à l'utilisation d'inhibiteurs calciques (CCB) a noté que les canaux calciques voltage-dépendants jouent un rôle majeur dans les effets biologiques du WCR.

L'augmentation du  $Ca^{2+}$  intracellulaire résulte de l'activation des canaux calciques voltage-dépendants, et cela peut être l'un des principaux mécanismes d'action de la WCR sur les organismes.

Le  $Ca^{2+}$  intracellulaire est essentiel pour l'entrée, la réplication et la libération du virus.

Il a été rapporté que certains virus peuvent manipuler les canaux calciques voltage-dépendants pour augmenter le  $Ca^{2+}$  intracellulaire facilitant ainsi l'entrée et la réplication virales [113].

La recherche a montré que l'interaction entre un virus et des canaux calciques voltage-dépendants favorise l'entrée du virus à l'étape de fusion virus-cellule hôte [113].

Ainsi, une fois que le virus se lie à son récepteur sur une cellule hôte et pénètre dans la cellule par endocytose, le virus prend le contrôle de la cellule hôte pour fabriquer ses composants.

Certaines protéines virales manipulent alors les canaux calciques, augmentant ainsi le  $Ca^{2+}$  intracellulaire, ce qui facilite la réplication virale ultérieure.

Même si aucune preuve directe n'a été rapportée, il existe des preuves indirectes qu'une augmentation du  $Ca^{2+}$  intracellulaire peut être impliquée dans COVID-19.

Dans une étude récente, les patients âgés hospitalisés COVID-19 traités avec des ICC, de l'amlodipine ou de la nifédipine, étaient plus susceptibles de survivre et moins susceptibles de nécessiter une intubation ou une ventilation mécanique que les témoins [114].

De plus, les CCB limitent fortement l'entrée et l'infection du SRAS-CoV-2 dans les cellules pulmonaires épithéliales en culture [115].

Les CCB bloquent également l'augmentation du  $Ca^{2+}$  intracellulaire causée par l'exposition au WCR ainsi que l'exposition à d'autres champs électromagnétiques [112].

Le  $Ca^{2+}$  intracellulaire est un second messenger omniprésent qui transmet les signaux reçus par les récepteurs de la surface cellulaire aux protéines effectrices impliquées dans de nombreux processus biochimiques.

L'augmentation du  $Ca^{2+}$  intracellulaire est un facteur significatif dans la régulation positive du facteur nucléaire de transcription  $\kappa B$  (NF- $\kappa B$ ) [116], un régulateur important de la production de cytokines pro-inflammatoires ainsi que de la coagulation et des cascades thrombotiques.

Le NF- $\kappa B$  est supposé être un facteur clé sous-jacent aux manifestations cliniques sévères de COVID-19 [117].

**En bref, l'exposition au WCR peut donc augmenter l'infectiosité du virus en augmentant le  $Ca^{2+}$  intracellulaire qui peut également contribuer indirectement aux processus inflammatoires et à la thrombose.**

### **3.5. Effets cardiaques**

Les arythmies cardiaques sont plus fréquemment rencontrées chez les patients gravement malades atteints de COVID-19 [118].

La cause de l'arythmie chez les patients COVID-19 est multifactorielle et comprend les processus cardiaques et extra-cardiaques [119].

L'infection directe du muscle cardiaque par le SRAS-CoV-19 provoquant une myocardite, une ischémie myocardique causée par diverses étiologies et une tension cardiaque secondaire à une hypertension pulmonaire ou systémique peut entraîner une arythmie cardiaque.

L'hypoxémie causée par la pneumonie diffuse, le SDRA ou les embolies pulmonaires étendues représentent des causes extracardiaques d'arythmie.

Les déséquilibres électrolytiques, le déséquilibre des fluides intravasculaires et les effets secondaires des régimes pharmacologiques peuvent également entraîner des arythmies chez les patients COVID-19.

Il a été démontré que les patients admis aux soins intensifs présentaient une augmentation plus élevée des arythmies cardiaques, 16,5 % dans une étude [120].

Bien qu'aucune corrélation entre les CEM et l'arythmie chez les patients COVID-19 n'ait été décrite dans la littérature, de nombreuses unités de soins intensifs sont équipées d'équipements de surveillance des patients sans fil et de dispositifs de communication produisant un large éventail de pollutions électromagnétiques [121].

Les patients COVID-19 présentent généralement des niveaux accrus de troponine cardiaque, indiquant des dommages au muscle cardiaque [122].

Des lésions cardiaques ont été associées à des arythmies et à une mortalité accrue.

On pense que les lésions cardiaques sont plus souvent secondaires à une embolie pulmonaire et à une septicémie virale, mais une infection directe du cœur, c'est-à-dire une myocardite, peut survenir par liaison virale directe aux récepteurs ACE2 sur les péricytes cardiaques, affectant le flux sanguin cardiaque local et régional. 60].

L'activation du système immunitaire ainsi que des altérations du système immunitaire peuvent entraîner une instabilité et une vulnérabilité de la plaque athérosclérotique, c'est-à-dire présenter un risque accru de formation de thrombus et contribuer au développement d'événements coronariens aigus et de maladies cardiovasculaires dans COVID-19.

En ce qui concerne les effets biologiques de l'exposition au WCR, en 1969, Christopher Dodge de la division des biosciences de l'observatoire naval des États-Unis à Washington DC, a examiné 54 articles et signalé que les rayonnements de radiofréquence peuvent affecter négativement tous les principaux systèmes du corps, notamment en empêchant la circulation sanguine ; modifier la pression artérielle et la fréquence cardiaque; affecter les lectures de l'électrocardiogramme ; et provoquant des douleurs thoraciques et des palpitations cardiaques [123].

Dans les années 1970, Glaser a examiné plus de 2000 publications sur les effets biologiques de l'exposition aux rayonnements radiofréquences et a conclu que les rayonnements micro-ondes peuvent altérer l'électrocardiogramme, provoquer des douleurs thoraciques, une hypercoagulation, une thrombose et une hypertension en plus de l'infarctus du myocarde [27,28].

Des convulsions, des convulsions et une altération de la réponse du système nerveux autonome (augmentation de la réponse au stress sympathique) ont également été observées.

Depuis lors, de nombreux autres chercheurs ont conclu que l'exposition au WCR peut affecter le système cardiovasculaire.

Bien que la nature de la réponse primaire aux ondes millimétriques et aux événements qui en découlent soit mal comprise, un rôle possible des structures des récepteurs et des voies neurales dans le développement de l'arythmie induite par les ondes millimétriques continues a été proposé [47].

En 1997, une revue a rapporté que certains chercheurs ont découvert des changements cardiovasculaires, y compris des arythmies chez l'homme, dus à une exposition à long terme de faible niveau à la WCR, y compris les micro-ondes [124].

Cependant, la littérature montre également des résultats non confirmés ainsi que des résultats contradictoires [125]. Havas et al. [126] ont rapporté que des sujets humains dans une étude contrôlée en double aveugle étaient hyper-réactifs lorsqu'ils étaient exposés à un rayonnement micro-ondes à 2,45 GHz, pulsé numériquement (100 Hz), développant soit une arythmie, soit une tachycardie et une régulation à la hausse du système nerveux sympathique, qui est associée à la réponse au stress.

Saili et al. [127] ont constaté que l'exposition au Wi-Fi (2,45 GHz pulsé à 10 Hz) affecte le rythme cardiaque, la pression artérielle et l'efficacité des catécholamines sur le système cardiovasculaire, indiquant que la WCR peut agir directement et/ou indirectement sur le système cardiovasculaire.

Plus récemment, Bandara et Weller [91] présentent des preuves que les personnes qui vivent à proximité d'installations radar (ondes millimétriques : fréquences 5G) ont un plus grand risque de développer un cancer et de subir des crises cardiaques.

De même, les personnes professionnellement exposées ont un plus grand risque de maladie coronarienne.

Le rayonnement micro-ondes affecte le cœur et certaines personnes sont plus vulnérables si elles présentent une anomalie cardiaque sous-jacente [128].

Des recherches plus récentes suggèrent que les ondes millimétriques peuvent agir directement sur les cellules du stimulateur cardiaque du nœud sino-auriculaire du cœur pour modifier la fréquence des battements, ce qui peut être à l'origine d'arythmies et d'autres problèmes cardiaques [47].

**En bref, l'exposition au COVID-19 et au WCR peut affecter le cœur et le système cardiovasculaire, directement et/ou indirectement.**

## 4. Discussion

Les épidémiologistes, y compris ceux du CDC, tiennent compte de plusieurs facteurs de causalité lorsqu'ils évaluent la virulence d'un agent et comprennent sa capacité à se propager et à provoquer une maladie. Plus important encore, ces variables incluent les cofacteurs environnementaux et l'état de santé de l'hôte. Les preuves de la littérature résumée ici suggèrent un lien possible entre plusieurs effets néfastes sur la santé de l'exposition au WCR et l'évolution clinique du COVID-19 dans la mesure où le WCR peut avoir aggravé la pandémie de COVID-19 en affaiblissant l'hôte et en exacerbant la maladie COVID-19. Cependant, aucune des observations discutées ici ne prouve ce lien. Plus précisément, la preuve ne confirme pas le lien de causalité. Il est clair que COVID-19 se produit dans les régions avec peu de communication sans fil. De plus, la morbidité relative causée par l'exposition au WCR dans COVID-19 est inconnue.

**Nous reconnaissons que de nombreux facteurs ont influencé le cours de la pandémie.**

Avant que des restrictions ne soient imposées, les habitudes de voyage ont facilité l'ensemencement du virus, provoquant une propagation mondiale rapide et précoce. La densité de la population, l'âge moyen plus élevé de la population et les facteurs socio-économiques ont certainement influencé la propagation virale précoce. La pollution de l'air, en particulier les particules PM<sub>2,5</sub> (2,5 microparticules), a probablement augmenté les symptômes chez les patients atteints de maladie pulmonaire COVID-19 [129].

**Nous postulons que le WCR a peut-être contribué à la propagation précoce et à la gravité de COVID-19.**

**Une fois qu'un agent s'est établi dans une communauté, sa virulence augmente [130].**

**Cette prémisse peut être appliquée à la pandémie de COVID-19.**

**Nous supposons que les « points chauds » de la maladie qui s'est initialement propagée dans le monde ont peut-être été semés par les voyages en avion, qui dans certaines régions ont été associés à la mise en œuvre de la 5G. Cependant, une fois que la maladie s'est établie dans ces communautés, elle a pu se propager plus facilement aux régions voisines où les populations étaient moins exposées à la WCR.**

Les deuxième et troisième vagues de la pandémie se sont largement propagées dans toutes les communautés avec et sans WCR, comme on pouvait s'y attendre.

**La pandémie de COVID-19 nous a offert l'occasion d'approfondir les effets néfastes potentiels de l'exposition au WCR sur la santé humaine. L'exposition humaine à la WCR ambiante a considérablement augmenté en 2020 en tant qu'« effet secondaire » de la pandémie. Les mesures de maintien à domicile conçues pour réduire la propagation du COVID-19 ont entraîné par inadvertance une plus grande exposition du public au WCR, car les gens menaient davantage d'activités liées aux entreprises et à l'école via les communications sans fil.**

**La télémédecine a créé une autre source d'exposition au WCR. Même les patients hospitalisés, en particulier les patients en soins intensifs, ont subi une exposition accrue au WCR, car les nouveaux dispositifs de surveillance utilisaient des systèmes de communication sans fil qui pouvaient aggraver les troubles de santé.**

**Il fournirait potentiellement des informations précieuses pour mesurer les densités de puissance du WCR ambiant dans les environnements domestiques et professionnels lors de la comparaison de la gravité de la maladie dans des populations de patients présentant des facteurs de risque similaires.**

La question de la causalité pourrait être étudiée dans des études futures.

Par exemple, une étude clinique pourrait être menée dans des populations de patients COVID-19 présentant des facteurs de risque similaires, pour mesurer la dose quotidienne de WCR chez les patients COVID-19 et rechercher une corrélation avec la gravité et la progression de la maladie au fil du temps.

**Étant donné que les fréquences et les modulations des porteuses des appareils sans fil peuvent différer et que les densités de puissance du WCR fluctuent constamment à un endroit donné, cette étude nécessiterait que les patients portent des dosimètres à micro-ondes personnels (badges de surveillance).**

En outre, des études de laboratoire contrôlées pourraient être menées sur des animaux, par exemple des souris humanisées infectées par le SRAS-CoV-2, dans lesquelles des groupes d'animaux exposés à un WCR minimal (groupe témoin) ainsi qu'à des densités de puissance moyenne et élevée de WCR pourraient être par rapport à la gravité et à la progression de la maladie.

L'un des points forts de cet article est que les preuves reposent sur un vaste corpus de littérature scientifique rapporté par de nombreux scientifiques dans le monde entier et sur plusieurs décennies - des preuves expérimentales des effets biologiques néfastes de l'exposition à la WCR à des niveaux non thermiques sur les humains, les animaux et les cellules.

Le rapport Bioinitiative [42], mis à jour en 2020, résume des centaines d'articles scientifiques évalués par des pairs documentant des preuves d'effets non thermiques d'expositions  $\leq 1$  mW/cm<sup>2</sup>.

Même ainsi, certaines études de laboratoire sur les effets néfastes de la WCR sur la santé ont parfois utilisé des densités de puissance dépassant 1 mW/cm<sup>2</sup>.

Dans cet article, presque toutes les études que nous avons examinées incluaient des données expérimentales à des densités de puissance  $\leq 1$  mW/cm<sup>2</sup>.

Une critique potentielle de cet article est que les effets biologiques néfastes des expositions non thermiques ne sont pas encore universellement acceptés en science.

De plus, ils ne sont pas encore pris en compte dans l'élaboration des politiques de santé publique dans de nombreux pays.

Il y a des décennies, les Russes et les Européens de l'Est ont compilé des données considérables sur les effets biologiques non thermiques, et ont par la suite établi des lignes directrices à des limites d'exposition aux rayonnements radiofréquences inférieures à celles des États-Unis et du Canada, c'est-à-dire en deçà des niveaux où des effets non thermiques sont observés.

Cependant, la Federal Communications Commission (FCC, une entité gouvernementale américaine) et les directives de l'ICNIRP fonctionnent sur des limites thermiques basées sur des données obsolètes datant d'il y a des décennies, permettant au public d'être exposé à des densités de puissance de rayonnement radiofréquence considérablement plus élevées.

En ce qui concerne la 5G, l'industrie des télécommunications affirme qu'elle est sûre car elle est conforme aux directives actuelles d'exposition aux rayonnements radioélectriques de la FCC et de l'ICNIRP.

Ces lignes directrices ont été établies en 1996 [131], sont archaïques et ne constituent pas des normes de sécurité.

Ainsi, il n'y a pas de normes de sécurité universellement acceptées pour l'exposition aux rayonnements des communications sans fil.

Récemment, des organismes internationaux, tels que le groupe de travail EMF de l'Académie européenne de médecine environnementale, ont proposé des directives beaucoup plus basses, prenant en compte les effets biologiques non thermiques de l'exposition à la WCR dans de multiples sources [132].

Une autre faiblesse de cet article est que certains des effets biologiques de l'exposition à la WCR sont rapportés de manière incohérente dans la littérature.

Les études répliquées ne sont souvent pas de vraies répliquations.

De petites différences dans la méthode, y compris des détails non signalés, tels que les antécédents d'exposition des organismes, une exposition corporelle non uniforme et d'autres variables peuvent conduire à une incohérence par inadvertance.

De plus, sans surprise, les études parrainées par l'industrie ont tendance à montrer moins d'effets biologiques négatifs que les études menées par des chercheurs indépendants, ce qui suggère un biais de l'industrie [133].

Certaines études expérimentales qui ne sont pas parrainées par l'industrie n'ont également montré aucune preuve d'effets nocifs de l'exposition à la WCR.

Il convient de noter, cependant, que les études utilisant des expositions réelles au WCR à partir d'appareils disponibles dans le commerce ont montré une grande cohérence dans la révélation des effets indésirables [134].

Les effets biologiques du WCR dépendent de valeurs spécifiques des paramètres d'onde, notamment la fréquence, la densité de puissance, la polarisation, la durée d'exposition, les caractéristiques de modulation, ainsi que l'historique cumulé de l'exposition et les niveaux de fond des champs électromagnétiques, électriques et magnétiques.

Dans les études de laboratoire, les effets biologiques observés dépendent également de paramètres génétiques et de paramètres physiologiques tels que la concentration en oxygène [135].

La reproductibilité des effets biologiques de l'exposition au WCR a parfois été difficile en raison de l'absence de déclaration et/ou de contrôle de tous ces paramètres.

À l'instar des rayonnements ionisants, les effets biologiques de l'exposition au WCR peuvent être subdivisés en effets déterministes, c'est-à-dire en effets dose-dépendants et en effets stochastiques apparemment aléatoires. Il est important de noter que les effets biologiques du WCR peuvent également impliquer des « fenêtres de réponse » de paramètres spécifiques, par lesquelles des champs de niveau extrêmement bas peuvent avoir des effets préjudiciables disproportionnés [136].

Cette non-linéarité des effets biologiques du WCR peut entraîner des réponses biphasiques telles que la suppression immunitaire à partir d'une plage de paramètres et l'hyperactivation immunitaire à partir d'une autre plage de paramètres, entraînant des variations qui peuvent sembler incohérentes.

En rassemblant des rapports et en examinant les données existantes pour cet article, nous avons recherché des résultats fournissant des preuves à l'appui d'un lien proposé entre les effets biologiques de l'exposition au WCR et COVID-19.

Nous n'avons pas essayé d'évaluer les preuves. La littérature sur l'exposition aux rayonnements radiofréquences est abondante et contient actuellement plus de 30 000 rapports de recherche remontant à plusieurs décennies. Les incohérences dans la nomenclature, les rapports de détails et le catalogage des mots-clés rendent difficile la navigation dans cette énorme littérature.

Un autre inconvénient de cet article est que nous n'avons pas accès aux données expérimentales sur les expositions à la 5G.

En fait, on sait peu de choses sur l'exposition de la population à partir de la WCR dans le monde réel, ce qui inclut l'exposition à l'infrastructure de la WCR et à la pléthore d'appareils émettant de la WCR.

Par rapport à cela, il est difficile de quantifier avec précision la densité de puissance moyenne à un emplacement donné, qui varie considérablement en fonction de l'heure, de l'emplacement spécifique, de l'intervalle de moyenne temporelle, de la fréquence et du schéma de modulation.

Pour une commune spécifique, cela dépend de la densité d'antenne, des protocoles de réseau utilisés, comme, par exemple, 2G, 3G, 4G, 5G, Wi-Fi, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), DECT (Digitally Enhanced Cordless Telecommunications), et RADAR (Détection et télémétrie radio).

Il existe également des WCR provenant d'émetteurs d'ondes radio omniprésents, notamment des antennes, des stations de base, des compteurs intelligents, des téléphones portables, des routeurs, des satellites et d'autres appareils sans fil actuellement utilisés.

Tous ces signaux se superposent pour produire la densité de puissance moyenne totale à un emplacement donné qui fluctue généralement considérablement au fil du temps.

Aucune étude expérimentale sur les effets néfastes sur la santé ou les problèmes de sécurité de la 5G n'a été signalée, et aucune n'est actuellement prévue par l'industrie, bien que cela soit absolument nécessaire.

Enfin, il existe une complexité inhérente au WCR qui rend très difficile la caractérisation complète des signaux sans fil dans le monde réel qui peuvent être associés à des effets biologiques indésirables.

Les signaux de communication numérique du monde réel, même à partir d'appareils sans fil uniques, ont des signaux très variables : densité de puissance variable, fréquence, modulation, phase et autres paramètres changeant constamment et de manière imprévisible à chaque instant, associés aux pulsations courtes et rapides utilisées dans la communication sans fil numérique [137].

Par exemple, lors de l'utilisation d'un téléphone mobile lors d'une conversation téléphonique typique, l'intensité du rayonnement émis varie considérablement à chaque instant en fonction de la réception du signal, du nombre d'abonnés partageant la bande de fréquence, de l'emplacement au sein de l'infrastructure sans fil, de la présence d'objets et de surfaces métalliques, et mode « parlant » versus « non-parlant », entre autres.

De telles variations peuvent atteindre 100 % de l'intensité moyenne du signal.

La radiofréquence porteuse change constamment entre différentes valeurs dans la bande de fréquence disponible.

Plus la quantité d'informations (texte, parole, internet, vidéo, etc.) est importante, plus les signaux de communication deviennent complexes.

Par conséquent, nous ne pouvons pas estimer avec précision les valeurs de ces paramètres de signal, y compris les composants ELF, ni prédire leur variabilité dans le temps.

Ainsi, les études sur les bioeffets du WCR en laboratoire ne peuvent être représentatives que des expositions réelles [137].

Cet article souligne la nécessité de poursuivre les recherches sur l'exposition non thermique à la WCR et son rôle potentiel dans COVID-19.

De plus, certains des effets biologiques de l'exposition au WCR dont nous discutons ici - le stress oxydatif, l'inflammation et la perturbation du système immunitaire - sont communs à de nombreuses maladies chroniques, notamment les maladies auto-immunes et le diabète.

Ainsi, nous émettons l'hypothèse que l'exposition au WCR peut également être un facteur contributif potentiel dans de nombreuses maladies chroniques.

Lorsqu'un plan d'action soulève des menaces de danger pour la santé humaine, des mesures de précaution doivent être prises, même si des relations causales claires ne sont pas encore pleinement établies.

Par conséquent, nous devons appliquer le principe de précaution [138] concernant la 5G sans fil.

**Les auteurs exhortent les décideurs politiques à appliquer un moratoire mondial immédiat sur l'infrastructure sans fil 5G jusqu'à ce que sa sécurité puisse être assurée.**

Plusieurs problèmes de sécurité non résolus doivent être résolus avant que la 5G sans fil ne soit davantage mise en œuvre.

**Des questions ont été soulevées à propos de 60 GHz, une fréquence clé de la 5G prévue pour une utilisation intensive, qui est une fréquence de résonance de la molécule d'oxygène [139].**

Il est possible que des effets biologiques indésirables résultent de l'absorption d'oxygène à 60 GHz.

De plus, l'eau présente une large absorption dans la région spectrale du GHz avec des pics de résonance, par exemple, une forte absorption à 2,45 GHz qui est utilisée dans les routeurs Wi-Fi 4G.

Cela soulève des problèmes de sécurité concernant l'exposition aux GHz de la biosphère, car les organismes sont principalement constitués d'eau et des changements dans la structure de l'eau dus à l'absorption des GHz ont été signalés qui affectent les organismes [140].

Les effets biologiques d'une exposition prolongée au WCR du corps entier doivent être étudiés dans des études animales et humaines, et des directives d'exposition à long terme doivent être prises en compte.

Les scientifiques indépendants en particulier devraient mener des recherches concertées pour déterminer les effets biologiques de l'exposition réelle aux fréquences WCR avec modulation numérique à partir de la multiplicité des dispositifs de communication sans fil.

Les tests pourraient également inclure des expositions réelles à plusieurs toxines (chimiques et biologiques) [141], car plusieurs toxines peuvent entraîner des effets synergiques.

Des études d'impact sur l'environnement sont également nécessaires.

**Une fois que les effets biologiques à long terme de la 5G sans fil sont compris, nous pouvons définir des normes de sécurité claires pour les limites d'exposition du public et concevoir une stratégie appropriée pour un déploiement sûr.**

## 5. Conclusion

Il existe un chevauchement substantiel dans la pathobiologie entre l'exposition au COVID-19 et à la WCR.

Les preuves présentées ici indiquent que les mécanismes impliqués dans la progression clinique du COVID-19 pourraient également être générés, selon les données expérimentales, par l'exposition au WCR.

**Par conséquent, nous proposons un lien entre les effets biologiques néfastes de l'exposition au WCR des appareils sans fil et COVID-19.**

**Plus précisément, les preuves présentées ici soutiennent l'hypothèse selon laquelle le WCR et, en particulier, la 5G, qui implique la densification de la 4G, peuvent avoir exacerbé la pandémie de COVID-19 en affaiblissant l'immunité de l'hôte et en augmentant la virulence du SRAS-CoV-2 en (1) provoquant des changements morphologiques dans les érythrocytes, y compris la formation d'échinocytes et de rouleaux qui peuvent contribuer à l'hypercoagulation ; (2) altération de la microcirculation et réduction des taux d'érythrocytes et d'hémoglobine exacerbant l'hypoxie ; (3) amplifier le dysfonctionnement immunitaire, y compris l'immunosuppression, l'auto-immunité et l'hyperinflammation ; (4) l'augmentation du stress oxydatif cellulaire et la production de radicaux libres exacerbant les lésions vasculaires et les dommages aux organes ; (5) augmenter le Ca<sup>2+</sup> intracellulaire essentiel pour l'entrée, la réplication et la libération virales, en plus de favoriser les voies pro-inflammatoires ; et (6) aggravation des arythmies cardiaques et des troubles cardiaques.**

L'exposition à la WCR est un facteur de stress environnemental répandu, mais souvent négligé, qui peut produire un large éventail d'effets biologiques négatifs.

Pendant des décennies, des chercheurs indépendants du monde entier ont souligné les risques pour la santé et les dommages cumulatifs causés par la WCR [42,45].

Les preuves présentées ici sont cohérentes avec un grand nombre de recherches établies.

Les travailleurs de la santé et les décideurs devraient considérer la WCR comme un facteur de stress environnemental potentiellement toxique.

Des méthodes pour réduire l'exposition à la WCR doivent être fournies à tous les patients et à la population générale

---

## Références

[1] Centers for Disease Control and Prevention. Epidemiological Triad. Atlanta, Georgia: Centers for Disease Control and Prevention; 2020. [[Google Scholar](#)]

[2] Balmori A. Electromagnetic Pollution from Phone Masts. Effects on Wildlife. Pathophysiology. 2009;16:191–9. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[3] Lin JC. 5G Communications Technology and Coronavirus Disease. IEEE Microw Mag. 2020;21:16–9. [[Google Scholar](#)]

[4] Mordachev VI. Correlation between the Potential Electromagnetic Pollution Level and the Danger of COVID-19. 4G/5G/6G can be Safe for People. Doklady BGUIR. 2020;18:96–112. [[Google Scholar](#)]

[5] Tsiang A, Havas M. COVID-19 Attributed Cases and Deaths are Statistically Higher in States and Counties with 5<sup>th</sup> Generation Millimeter Wave Wireless Telecommunications in the United States. Med Res Arch. 2021;9:2371. [[Google Scholar](#)]

[6] Ing AJ, Cocks C, Green JP. COVID-19: In the Footsteps of Ernest Shackleton. Thorax. 2020;75:693–4. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[7] Garg S, Kim L, Whitaker M, O'Halloran A, Cummings C, Holstein R, et al. Hospitalization Rates and Characteristics of Patients Hospitalized with Laboratory-Confirmed Coronavirus Disease 2019 COVID-NET 14 States, March 1-30, 2020. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 69:458–64. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[8] Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S, et al. Risk Factors Associated with Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients with Coronavirus Disease. JAMA Intern Med. 2020;180:934–43. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[9] Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, Busana M, Romitti F, Brazzi L, et al. COVID-19 Pneumonia: Different Respiratory Treatments for Different Phenotypes. Intensive Care Med. 2020;46:1099–102. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[10] Cecchini R, Cecchini AL. SARS-CoV-2 Infection Pathogenesis is Related to Oxidative Stress as a Response to Aggression. Med Hypotheses. 2020;143:110102. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[11] Cavezzi A, Troiani E, Corrao S. COVID-19: Hemoglobin, Iron, and Hypoxia Beyond Inflammation, a Narrative Review. Clin Pract. 2020;10:1271. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[12] Bikdeli B, Madhavan MV, Jimenez D, Chuich T, Dreyfus I, Driggin E, Nigoghossian C, et al. Global COVID-19 Thrombosis Collaborative Group, Endorsed by the ISTH, NATF, ESVM, and the IUA, Supported by the ESC Working Group on Pulmonary Circulation and Right Ventricular Function. COVID-19 and Thrombotic or Thromboembolic

Disease:Implications for Prevention, Antithrombotic Therapy, and Follow-Up:JACC State-of-the-Art Review. JACC. 2020;75:2950–73. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[13] Carfi A, Bernabei R, Landi F. Persistent Symptoms in Patients after Acute COVID-19. JAMA. 2020;324:603–5. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[14] CNIRP. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) Health Phys. 2020;118:483–524. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[15] Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W. Mobile Phone Use and Risk for Intracranial Tumors and Salivary Gland Tumors A Meta-analysis. Int J Occup Med Environ Health. 2017;30:27–43. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[16] Sangün Ö, DüNDAR B, Çömlekçi S, Büyükgebiz A. The Effects of Electromagnetic Field on the Endocrine System in Children and Adolescents. Pediatr Endocrinol Rev. 2016;13:531–45. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[17] Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, Kyrylenko S. Oxidative Mechanisms of Biological Activity of Low-intensity Radiofrequency Radiation. Electromagn Biol Med. 2016;35:186–202. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[18] Ruediger HW. Genotoxic Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields. Pathophysiology. 2009;16:89–102. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[19] Asghari A, Khaki AA, Rajabzadeh A, Khaki A. A Review on Electromagnetic Fields (EMFs) and the Reproductive System. Electron Physician. 2016;8:2655–62. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[20] Zhang J, Sumich A, Wang GY. Acute Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Emitted by Mobile Phone on Brain Function. Bioelectromagnetics. 2017;38:329–38. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[21] Pall ML. Microwave Frequency Electromagnetic Fields (EMFs) Produce Widespread Neuropsychiatric Effects Including Depression. J Chem Neuroanat. 2016;75:43–51. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[22] Avendano C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncei GF. Use of Laptop Computers Connected to Internet through Wi-Fi Decreases Human Sperm Motility and Increases Sperm DNA Fragmentation. Fertil Steril. 2012;97:39–45. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[23] Buchner K, Eger H. Changes of Clinically Important Neurotransmitters under the Influence of Modulated RF Fields a Long-term Study Under Real-life Conditions Umwelt Medizin Gesellschaft. 2011;24:44–57. [[Google Scholar](#)]

[24] Navarro EA, Segura J, Portoles M, Gomez-Perretta C. The Microwave Syndrome:A Preliminary Study in Spain. Electromagn Biol Med. 2003;22:161–9. [[Google Scholar](#)]

[25] Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. Subjective Symptoms, Sleeping Problems, and Cognitive Performance in Subjects Living Near Mobile Phone Base Stations. Occup Environ Med. 2006;63:307–13. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[26] Magras IN, Xenos TD. RF Radiation-induced Changes in the Prenatal Development of Mice. Bioelectromagnetics. 1997;18:455–61. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

[27] Glaser ZR. Project MF12.524.015-00043 Report No. 2. Bethesda, MD: Naval Medical Research Institute; 1972. Bibliography of Reported Biological Phenomena ('Effects') and Clinical Manifestations Attributed to Microwave and Radio-Frequency Radiation Research Report; pp. 1–103. [[Google Scholar](#)]

[28] Glaser ZR, Brown PF, Brown MS. Bibliography of Reported Biological Phenomena (Effects) and Clinical Manifestations Attributed to Microwave and Radio-Frequency Radiation:Compilation and Integration of Report and Seven Supplements. Bethesda, MD:Naval Medical Research Institute. 1976:1–178. [[Google Scholar](#)]

- [29] Belyaev IY, Shcheglov VS, Alipov YD, Polunin VA. Resonance Effect of Millimeter Waves in the Power Range from  $10(-19)$  to  $3 \times 10(-3)$  W/cm<sup>2</sup> on *Escherichia coli* Cells at Different Concentrations. Bioelectromagnetics. 1996;17:312–21. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [30] Grigoriev YG, Grigoriev OA, Ivanov AA, Lyaginskaya AM, Merkulov AV, Shagina NB, et al. Confirmation Studies of Soviet Research on Immunological Effects of Microwaves: Russian Immunology Results. Bioelectromagnetics. 2010;31:589–602. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [31] Grigoriev Y. Mobile Communications and Health of Population: The Risk Assessment, Social and Ethical Problems. Environmentalist. 2012;32:193–200. [[Google Scholar](#)]
- [32] Repacholi M, Grigoriev Y, Buschmann J, Pioli C. Scientific Basis for the Soviet and Russian Radiofrequency Standards for the General Public. Bioelectromagnetics. 2012;33:623–33. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [33] Pakhomov A, Murphy M. A Comprehensive Review of the Research on Biological Effects of Pulsed Radiofrequency Radiation in Russia and the Former Soviet Union. 2011 [[Google Scholar](#)]
- [34] Belyaev IY. Dependence of Non-thermal Biological Effects of Microwaves on Physical and Biological Variables: Implications for Reproducibility and Safety Standards. Eur J Oncol. 2010;5:187–218. [[Google Scholar](#)]
- [35] Franzen J. Wideband Pulse Propagation in Linear Dispersive Bio-Dielectrics Using Fourier Transforms. United States Air Force Research Laboratory Report No. AFRL-HE-BR-TR-1999-0149. 1999 February; [[Google Scholar](#)]
- [36] Albanese R, Penn J, Medina R. Short-rise-time Microwave Pulse Propagation through Dispersive Biological Media. J Opt Soc Am A. 1989;6:1441–6. [[Google Scholar](#)]
- [37] Lin-Liu S, Adey WR. Low Frequency Amplitude Modulated Microwave Fields Change Calcium Efflux Rates from Synaptosomes. Bioelectromagnetics. 1982;3:309–22. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [38] Penafiel LM, Litovitz T, Krause D, Desta A, Mullins MJ. Role of Modulation on the Effect of Microwaves on Ornithine Decarboxylase Activity in L929 Cells. Bioelectromagnetics. 1997;18:132–41. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [39] Huber R, Treyer V, Borbely AA, Schuderer J, Gottselig JM, Landolt HP, Werth E, et al. Electromagnetic Fields, Such as Those from Mobile Phones, Alter Regional Cerebral Blood Flow and Sleep and Waking EEG. J Sleep Res. 2002;11:289–95. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [40] Panagopoulos DJ, Karabarbounis A, Margaritis LH. Mechanism of Action of Electromagnetic Fields on Cells. Biochem Biophys Res Commun. 2002;298:95–102. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [41] Panagopoulos DJ. Comments on Pall's Millimeter (MM) Wave and Microwave Frequency Radiation Produce Deeply Penetrating Effects: The Biology and the Physics. Rev Environ Health. 2021;2021:165. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [42] Sage C, Carpenter DO. BioInitiative Working Group. BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation. Updated 2014-2020. 2012. <http://www.bioinitiative.org>.
- [43] Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Burgio E, Carpenter DO. Thermal and Non-thermal Health Effects of Low Intensity Non-ionizing Radiation: An International Perspective (Review) Environ Pollut. 2018;242:643–58. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [44] Di Ciaula A. Towards 5G Communication Systems: Are there Health Implications? Int J Hyg Environ Health. 2018;221:367–75. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [45] Russell CL. 5G Wireless Telecommunications Expansion: Public Health and Environmental Implications. Environ Res. 2018;165:484–95. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

- [46] Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M, et al. Risks to Health and Well-being from Radio-frequency Radiation Emitted by Cell Phones and Other Wireless Devices. *Public Health Front.* 2019;7:223. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [47] Pakhomov AG, Akyel Y, Pakhomova ON, Stuck BE, Murphy MR. Current State and Implications of Research on the Biological Effects of Millimeter Waves. *Bioelectromagnetics.* 1998;19:393–413. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [48] Betskii OV, Lebedeva NN. In: *Clinical Application of Bioelectromagnetic Medicine.* New York: Marcel Decker; 2004. Low-intensity Millimeter Waves in Biology and Medicine; pp. 30–61. [[Google Scholar](#)]
- [49] Kostoff RN, Block JA, Solka JL, Briggs MB, Rushenberg RL, Stump JA, et al. Literature-Related Discovery:A Review. Report to the Office of Naval Research. 2007:1–58. [[Google Scholar](#)]
- [50] Havas M. Radiation from Wireless Technology Affects the Blood, Heart, and the Autonomic Nervous System. *Rev Environ Health.* 2013;28:75–84. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [51] Rubik B. Does Short-term Exposure to Cell Phone Radiation Affect the Blood? *Wise Trad Food Farm Heal Arts.* 2014;15:19–28. [[Google Scholar](#)]
- [52] Wagner C, Steffen P, Svetina S. Aggregation of Red Blood Cells:From Rouleaux to Clot Formation. *Comput Rendus Phys.* 2013;14:459–69. [[Google Scholar](#)]
- [53] Lakhdari N, Tabet B, Boudraham L, Laoussati M, Aissanou S, Beddou L, et al. Red Blood Cells Injuries and Hypersegmented Neutrophils in COVID-19 Peripheral. *medRxiv.* 2020;2020:20160101. [[Google Scholar](#)]
- [54] Lei Y, Zhang J, Schiavon CR, He M, Chen L, Shen H, et al. SARS-CoV-2 Spike Protein Impairs Endothelial Function Via Downregulation of ACE2. *Circ Res.* 2021;128:1323–6. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [55] Zhang S, Liu Y, Wang X, Yang L, Li H, Wang Y, et al. SARS-CoV-2 Binds Platelet ACE2 to Enhance Thrombosis in COVID-19. *J Hematol Oncol.* 2020;13:120. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [56] Zalyubovskaya NP. Biological Effect of Millimeter Radiowaves. *Vrachebnoye Delo.* 1977;3:116–9. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [57] Zalyubovskaya NP, Kiselev RI. Effects of Radio Waves of a Millimeter Frequency Range on the Body of Man and Animals. *Gigiyana I Sanitaria.* 1978;8:35–9. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [58] Wenzhong L, Li H. COVID-19 Attacks the 1-beta Chain of Hemoglobin and Captures the Porphyrin to Inhibit Heme Metabolism. *ChemRxiv.* 2020;2020:26434. [[Google Scholar](#)]
- [59] Lippi G, Mattiuzzi C. Hemoglobin Value May be Decreased in Patients with Severe Coronavirus Disease 2019. *Hematol Transfus Cell Ther.* 2020;42:116–7. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [60] Chen L, Li X, Chen M, Feng Y, Xiong C. The ACE2 Expression in Human Heart Indicates New Potential Mechanism of Heart Injury among Patients Infected with SARS-CoV-2. *Cardiovasc Res.* 2020;116:1097–100. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [61] Algassim, AA, Elghazaly AA, Alnahdi AS, Mohammed-Rahim OM, Alanazi AG, Aldhuwayhi NA, et al. Prognostic Significance of Hemoglobin Level and Autoimmune Hemolytic Anemia in SARS-CoV-2 Infection. *Ann Hematol.* 2021;100:37–43. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [62] Ghahramani S, Tabrizi R, Lankarani KB, Kashani SMA, Rezaei S, Zeidi N, et al. Laboratory Features of Severe vs Non-severe COVID-19 Patients in Asian Populations:A Systematic Review and Meta-analysis. *Eur J Med Res.* 2020;25:30. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

- [63] Cheng L, Li HL, Li C, Liu C, Yan S, Chen H, et al. Ferritin in the Coronavirus Disease 2019 (COVIDvirus A Systematic Review and Meta?etaemati. *J Clin Lab Anal.* 2020;34:e23618. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [64] Tobin MJ, Laghi F, Jubran A. Why COVID-19 Silent Hypoxemia is Baffling to Physicians. *Am J Respir.* 2020;202:356–60. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [65] Ejigu T, Patel N, Sharma A, Vanjarapu JMR, Nookala V. Packed Red Blood Cell Transfusion as a Potential Treatment Option in COVID-19 Patients with Hypoxemic Respiratory Failure:A Case Report. *Cureus.* 2020;12:e8398. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [66] Varga Z, Flammer AJ, Steiger P, Haberecker M, Andermatt R, Zinkernagel AS, et al. Endothelial Cell Infection and Endotheliitis in COVID-19. *Lancet.* 2020;395:1417–8. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [67] Betteridge DJ. What is Oxidative Stress? *Metabolism.* 2000;49(2 Suppl 1):3–8. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [68] Giamarellos-Bourboulis E, Netea MG, Rovina N, Akinosoglou K, Antoniadou A, Antonakos N, et al. Complex Immune Dysregulation in COVID-19 Patients with Severe Respiratory Failure. *Cell Host Microbe.* 2020;27:992–1000. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [69] Hadjadj J, Yatim N, Barnabei L, Corneau A, Boussier J, Smith N, et al. Impaired Type 1 Interferon Activity and Inflammatory Responses in Severe COVID-19 Patents. *Science.* 2020;369:718–24. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [70] Dasdag S, Akdag MZ. The Link between Radiofrequencies Emitted from Wireless Technologies and Oxidative Stress. *J Chem Neuroanat.* 2016;75:85–93. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [71] Higashi Y, Noma K, Yoshizumi M, Kihara Y. Endothelial Function and Oxidative Stress in Cardiovascular Diseases. *Circ J.* 2009;73:411–8. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [72] Polonikov A. Endogenous Deficiency of Glutathione as the Most Likely Cause of Serious Manifestations and Death in COVID-19 Patients. *ACS Infect Dis.* 2020;6:1558–62. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [73] Guloyan V, Oganessian B, Baghdasaryan N, Yeh C, Singh M, Guilford F, et al. Glutathione Supplementation as an Adjunctive Therapy in COVID-19. *Antioxidants (Basel, Switzerland)* 2020;9:914. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [74] Marushchak M, Maksiv K, Krynytska I, Dutchak O, Behosh N. The Severity of Oxidative Stress in Comorbid Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) and Hypertension:Does it Depend on ACE and AGT Gene Polymorphisms? *J Med Life.* 2019;12:426–34. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [75] Choromanska B, Mysiliwicz P, Luba M, Wojskowicz P, Mysliwicz H, Choromanska K, et al. The Impact of Hypertension and Metabolic Syndrome on Nitrosative Stress and Glutathione Metabolism in Patients with Morbid Obesity. *Oxid Med Cell Longev.* 2020;2020:1057570. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [76] Lutchmansingh FK, Hsu JW, Bennett FI, Badaloo AV, Mcfarlane-Anderson N, Gordon-Strachan GM, et al. Glutathione Metabolism in Type 2 Diabetes and its Relationship with Microvascular Complications and Glycemia. *PLoS One.* 2018;13:e0198626. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [77] Horowitz RI, Freeman PR, Bruzzese J. Efficacy of Glutathione Therapy in Relieving Dyspnea Associated with COVID-19 Pneumonia:A Report of 2 Cases. *Respir Med.* 2020;30:101063. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [78] Peraica M, Marijanovic AM, Flajs D, Domijan AM, Gajski G, Garaj-Vrhovac G. Oxidative Stress in Workers Occupationally Exposed to Microwave Radiation. *Toxicol Lett.* 2008;180:38–9. [[Google Scholar](#)]

- [79] Garaj-Vrhovac V, Gajski G, Pazanin S, Sarolic A, Domijan D, Flajs D, et al. Assessment of Cytogenetic Damage and Oxidative Stress in Personnel Occupationally Exposed to the Pulsed Microwave Radiation of Marine Radar Equipment. *Int J Hyg Environ Health*. 2011;214:59–65. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [80] Zothansiana Zosangzuali M, Lalramdinpuii M, Jagetia GC. Impact of Radiofrequency Radiation on DNA Damage and Antioxidants in Peripheral Blood Lymphocytes of Humans Residing in the Vicinity of Mobile Phone Base Stations. *Electromagn Biol Med*. 2017;36:295–305. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [81] Moustafa YM, Moustafa RM, Belacy A, Abou-El-Ela SH, Ali FM. Effects of Acute Exposure to the Radiofrequency Fields of Cellular Phones on Plasma Lipid Peroxide and Anti-oxidase Activities in Human Erythrocytes. *J Pharm Biomed Anal*. 2001;26:605–8. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [82] Hassan NS, Rafaat BM, Aziz SW. Modulatory Role of Grape Seed Extract on Erythrocyte Hemolysis and Oxidative Stress Induced by Microwave Radiation in Rats. *Int J Integr Biol*. 2010;10:106–11. [[Google Scholar](#)]
- [83] Yurekli AI, Ozkan M, Kalkan T, Saybasili H, Tuncel H, Atukeren P, et al. GSM Base Station Electromagnetic Radiation and Oxidative Stress in Rats. *Electromagn Biol Med*. 2006;25:177–88. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [84] Dasdag S, Bilgin HM, Akdag MZ, Celik H, Aksen F. Effect of Long-term Mobile Phone Exposure on Oxidative-antioxidative Processes and Nitric Oxide in Rats. *Biotechnol Biotechnol Equip*. 2008;22:992–7. [[Google Scholar](#)]
- [85] Alkis ME, Akdag MZ, Dasdag S. Effects of low?intensity Microwave Radiation on Oxidant?antioxidant Parameters and DNA Damage in the Liver of rats. *Bioelectromagnetics*. 2021;42:76–85. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [86] Loscalzo J. Oxidant Stress:A Key Determinant of Atherothrombosis. *Biochem Soc Trans*. 2003;31:1059–61. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [87] Tang N, Li D, Wang X, Sun Z. Abnormal Coagulation Parameters are Associated with Poor Prognosis in Patients with Novel Coronavirus Pneumonia. *J Thromb Haemost*. 2020;18:844–7. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [88] Klok FA, Kruip MJ, Van der Meer NJ, Arbous MS, Gommers DA, Kant KM, et al. Incidence of Thrombotic Complications in Critically ill ICU Patients with COVID-19. *Thromb Res*. 2020;191:145–7. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [89] Zaim S, Chong JH, Sankaranarayanan V, Harky A. COVID-19 and Multi-Organ Response. *Curr Probl Cardiol*. 2020;2020:100618. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [90] Yaghi S, Ishida K, Torres J, Mac Grory B, Raz E, Humbert K, et al. SARS-CoV-2 and Stroke in a New York Healthcare System. *Stroke*. 2020;51:2002–11. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [91] Bandara P, Weller S. Cardiovascular Disease:Time to Identify Emerging Environmental Risk Factors. *Eur J Prev Cardiol*. 2017;24:1819–23. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [92] Esmekaya MA, Ozer C, Seyhan N. 900 MHz Pulse-modulated Radiofrequency Radiation Induces Oxidative Stress on Heart, Lung, Testis, and Liver Tissues. *Gen Physiol Biophys*. 2011;30:84–9. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [93] Cao X. COVID-19:Immunopathology and its Implications for Therapy. *Nat Rev Immunol*. 2020;20:269–70. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [94] Qin C, Zhou L, Hu Z, Zhang S, Yang S, Tao Y, et al. Dysregulation of Immune Response in Patients with Coronavirus 2019 (COVID-19) in Wuhan, China. *Clin Infect Dis*. 2020;71:762–8. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [95] McRee DI. Soviet and Eastern European Research on Biological Effects of Microwave Radiation. *Proc IEEE*. 1980;68:84–91. [[Google Scholar](#)]

- [96] Baranski S. Effect of Chronic Microwave Irradiation on the Blood Forming System of Guinea Pigs and Rabbits. *Aerosp Med.* 1971;42:1196–9. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [97] Nageswari KS, Sarma KR, Rajvanshi VS, Sharan R, Sharma M, Barathwal V, et al. Effect of Chronic Microwave Radiation on T Cell-mediated Immunity in the Rabbit. *Int.* 1991;35:92–7. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [98] Adang D, Remacle C, Vander Vorst A. Results of a Long-term Low-level Microwave Exposure of Rats. *IEEE Trans Microw Theory Tech.* 2009;57:2488–97. [[Google Scholar](#)]
- [99] McRee DI, Faith R, McConnell EE, Guy AW. Long-term 2450-MHz cw Microwave Irradiation of Rabbits: Evaluation of Hematological and Immunological Effects. *J Microw Power Electromagn Energy.* 1980;15:45–52. [[Google Scholar](#)]
- [100] Johansson O. Disturbance of the Immune System by Electromagnetic Fields a Potentially Underlying Cause for Cellular Damage and Tissue Repair Reduction which Could Lead to Disease and Impairment. *Pathophysiology.* 2009;16:157–77. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [101] Szmigielski S. Reaction of the Immune System to Low-level RF/MW Exposures. *Sci Total Environ.* 2013;454-455:393–400. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [102] Zhou F, Ting Y, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Clinical Course and Risk Factors for Mortality of Adult Inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: A Retrospective Cohort Study. *Lancet.* 2020;395:1054–62. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [103] Yang M. Cell Pyroptosis, a Potential Pathogenic Mechanism of 2019-nCoV Infection. *ScienceOpen.* 2020 [[Google Scholar](#)]
- [104] Upadhyay J, Tiwari N, Ansari MN. Role of Inflammatory Markers in Corona Virus Disease (COVID-19) Patients: A Review. *Exp Biol Med.* 2020;245:1368–75. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [105] Shandala MG, Rudnev MI, Vinogradov GK, Belonoshko NC, Goncharova NM. Immunological and hematological effects of microwaves at low power densities. In: *Proceedings of International Union of Radio Science Symposium on Biological Effects of Electromagnetic Waves.* 84 Airlie, VA;1977 [[Google Scholar](#)]
- [106] Grigoriev YG, Ivanov AA, Lyaginskaya AM, Merkulov AV, Stepanov VS, Shagina NB. Autoimmune Processes after Long-term Low-level Exposure to Electromagnetic Fields (Experimental Results) Part I. Mobile Communications and Changes in Electromagnetic Conditions for the Population. Need for Additional Substantiation of Existing Hygienic Standards. *Biophysics.* 2010;55:1041–5. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [107] Grigoriev YG. Evidence for Effects on the Immune System. *Immune System and EMF RF.* *Bioinitiative Rep.* 2012;8:1–24. [[Google Scholar](#)]
- [108] Szabo I, Rojavin MA, Rogers, TJ, Ziskin MC. Reactions of Keratinocytes to *In Vitro* Millimeter Wave Exposure. *Bioelectromagnetics.* 2001;22:358–64. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [109] Makar V, Logani M, Szabo I, Ziskin M. Effect of Millimeter Waves on Cyclophosphamide Induced Suppression of T Cell Functions. *Bioelectromagnetics.* 2003;24:356–65. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [110] Walleczek J. Electromagnetic Field Effects on Cells of the Immune System: The Role of Calcium Signaling. *FASEB J.* 1992;6:3177–85. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [111] Panagopoulos DJ, Messini N, Karabarbounis A, Filippelis AL, Margaritis LH. A Mechanism for Action of Oscillating Electric Fields on Cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2000;272:634–40. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [112] Pall ML. Electromagnetic Fields Act Via Activation of Voltage-gated Calcium Channels to Produce Beneficial or Adverse Effects. *J Cell Mol Med.* 2013;17:958–65. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

- [113] Chen X, Cao R, Zhong W. Host Calcium Channels and Pumps in Viral Infections. *Cells*. 2019;9:94. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [114] Solaimanzadeh I. Nifedipine and Amlodipine are Associated with Improved Mortality and Decreased Risk for Intubation and Mechanical Ventilation in Elderly Patients Hospitalized for COVID-19. *Cureus*. 2020;12:e8069. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [115] Straus MR, Bidon M, Tang T, Whittaker GR, Daniel S. FDA Approved Calcium Channel Blockers Inhibit SARS-CoV-2 Infectivity in Epithelial Lung Cells. *BioRxiv*. 2020;2020:214577. [[Google Scholar](#)]
- [116] Sen CK, Roy S, Packer L. Involvement of Intracellular Ca<sup>2+</sup> in Oxidant-Induced NF-κB Activation. *FEBS Lett*. 1996;385:58–62. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [117] Do LA, Anderson J, Mulholland EK, Licciardi PV. Can Data from Paediatric Cohorts Solve the COVID-19 Puzzle? *PLoS Pathog*. 2020;16:e1008798. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [118] Atri D, Siddiqi HK, Lang JP, Nauffal V, Morrow DA, Bohula EA. COVID-19 for the Cardiologist: Basic Virology, Epidemiology, Cardiac Manifestations, and Potential Therapeutic Strategies. *JACC Back Transl Sci*. 2020;5:518–36. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [119] Dherange P, Lang J, Qian P, Oberfeld B, Sauer WH, Koplan B, et al. Arrhythmias and COVID-19: A Review. *JACC Clin Electrophysiol*. 2020;6:1193–204. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [120] Colon CM, Barrios JG, Chiles JW, McElwee SK, Russell DW, Maddox WR, et al. Atrial Arrhythmias in COVID-19 Patients. *JACC Clin Electrophysiol*. 2020;6:1189–90. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [121] Gökmen N, Erdem S, Toker KA, Ocmen E, Ozkure A. Analyzing Exposures to Electromagnetic Fields in an Intensive Care Unit. *Turk J Anaesthesiol Reanim*. 2016;44:236–40. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [122] Sandoval Y, Januzzi JL, Jaffe AS. Cardiac Troponin for Assessment of Myocardial Injury in COVID-19. *J Am Coll Cardiol*. 2020;76:1244–58. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [123] Dodge CH. Clinical and Hygienic Aspects of Exposure to Electromagnetic Fields. Biological Effects and Health Implications of Microwave Radiation. A Review of the Soviet and Eastern European Literature. In: Symposium Proceedings, Richmond, VA. 1969 Sep 17 [[Google Scholar](#)]
- [124] Jauchem JR. Exposure to Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields and Radiofrequency Radiation: Cardiovascular Effects in Humans. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997;70:9–21. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [125] Black DR, Heynick LN. Radiofrequency Effects on Blood Cells Cardiac, Endocrine, and Immunological Functions. *Bioelectromagnetics*. 2003;6:S187–95. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [126] Havas M, Marrongelle J, Pollner B, Kelley E, Rees CRG, Tully L. Provocation Study Using Heart Rate Variability Shows Microwave Radiation from 2.4GHz Cordless Phone Affects Autonomic Nervous System. *Eur J Oncol Library*. 2010;5:271–98. [[Google Scholar](#)]
- [127] Saili L, Hanini A, Smirani C, Azzouz I, Sakly M, Abdelmelek H, et al. Effects of Acute Exposure to WIFI Signals (2.45GHz) on Heart Variability and Blood Pressure in Albino Rabbits. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2015;40:600–5. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [128] Cleary SF. Biological Effects and Health Implications of Microwave Radiation. A Review of the Soviet and Eastern European Literature. In: Symposium Proceedings, Richmond, VA 1969 Sep 17. BRH/DBE Report No. 70-2. 1970 [[Google Scholar](#)]

- [129] Fiasca F, Minelli M, Maio D, Minelli M, Vergallo I, Necozone S, et al. Associations between COVID-19 Incidence Rates and the Exposure to PM<sub>2.5</sub> and NO<sub>2</sub>: A Nationwide Observational Study in Italy. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:9318. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [130] Hoyt JR, Langwig KE, Sun K, Parise KL, Li A, Wang Y, et al. Environmental Reservoir Dynamics Predict Global Infection Patterns and Population Impacts for the Fungal Disease White-nose Syndrome. *PNAS*. 2020;117:7255–62. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [131] Federal Communications Commission (FCC). Guidelines for Evaluating the Environmental Effects of Radiofrequency Radiation. FCC96-326;ET Docket No. 93-62. 1996 [[Google Scholar](#)]
- [132] Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, et al. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the Prevention, Diagnosis and Treatment of EMF-related Health Problems and Illnesses. *Rev Environ Health*. 2016;31:363–97. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [133] Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Muntener K, Roosli M. Source of Funding and Results of Studies of Health Effects of Mobile Phone Use: Systematic Review of Experimental Studies. *Environ Health Perspect*. 2007;115:14. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [134] Panagopoulos DJ. Comparing DNA Damage Induced by Mobile Telephony and Other Types of Man-made Electromagnetic Fields. *Mutat Res*. 2019;781:53–62. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [135] Belyaev IY, Shcheglov VS, Alipov ED, Ushalov VD. Nonthermal Effects of Extremely High-frequency Microwaves on Chromatin Conformation in cells *In Vitro* Dependence on Physical, Physiological, and Genetic Factors. *IEEE Trans Microw Theory Techn*. 2000;48:2172–9. [[Google Scholar](#)]
- [136] Blackman CF, Kinney LS, Houyde DE, Joines WT. Multiple Power-density Windows and their Possible Origin. *Bioelectromagnetics*. 1989;10:115–28. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [137] Panagopoulos DJ, Cammaerts MC, Favre D, Balmori A. Comments on Environmental Impact of Radiofrequency Fields from Mobile Phone Base Stations. *Crit Rev Environ Sci Technol*. 2016;46:885–903. [[Google Scholar](#)]
- [138] Kriebel D, Tickne J, Epstein P, Lemons PJ, Levins R, Loechler EL, et al. The Precautionary Principle in Environmental Science. *Environ Health Perspect*. 2001;109:871–6. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [139] Tretyakov MY, Koshelev MA, Dorovskikh VV, Makarov DS, Rosenkranz PW. 60-GHz Oxygen Band: Precise Broadening and Central Frequencies of Fine-Structure Lines, Absolute Absorption Profile at Atmospheric Pressure, and Revision of Mixing Coefficients. *J Mol Spectrosc*. 2005;231:1–14. [[Google Scholar](#)]
- [140] Torgomyan H, Kalantaryan V, Trchounian A. Low Intensity Electromagnetic Irradiation with 70.6 and 73 GHz Frequencies Affects *Escherichia coli* Growth and Changes Water Properties. *Cell Biochem Biophys*. 2011;60:275–81. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [141] Kostoff RN, Heroux P, Aschner M, Tsatsakis A. Adverse Health Effects of 5G Mobile Networking Technology Under Real-life Conditions. *Toxicol Lett*. 2020;323:35–40. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]