

Overzichtsartikel (review)

Bewijs voor een verband tussen coronavirusziekte-19 en blootstelling aan radiofrequente straling van draadloze communicatie, waaronder 5G

Beverly Rubik^{1,2*} en Robert R. Brown³

¹ Department of Mind-Body Medicine (Afdeling van Lichaam-Geest Geneeskunde), College of Integrative Medicine and Health Sciences, Saybrook University, Pasadena CA, Verenigde Staten.

² Institute for Frontier Science (Instituut voor Grensverleggende Wetenschap), Oakland, CA, VS.

³ Department of Radiology (Afdeling Radiologie), Hamot Hospital, University of Pittsburgh Medical Center, Erie, PA; Radiology Partners, Phoenix, AZ, VS.

* Corresponderende auteur: Beverly Rubik, College of Integrative Medicine and Health Sciences, Saybrook University, Pasadena CA; Institute for Frontier Science, Oakland, CA, USA. E-mail: brubik@earthlink.net

Ontvangen 2021 mrt 10; herzien 2021 jun 11; geaccepteerd 2021 aug 25; online gepubliceerd: 29 sep, 2021.

Copyright: © Whioce Publishing Pte. Ltd.

Dit is een open-toegang artikel gedistribueerd onder de voorwaarden van de Creative Commons Naamsvermelding Licentie (CC BY-NC-ND 4.0), die onbeperkt gebruik, distributie en reproductie toestaat in elk medium, op voorwaarde dat het originele werk correct wordt geciteerd.

Samenvatting

Achtergrond en doel: Het volksgezondheidsbeleid voor coronavirus ziekte (COVID-19) heeft zich gericht op het ernstige acute respiratoire syndroom coronavirus 2 (SARS-CoV-2) en de effecten ervan op de menselijke gezondheid, terwijl milieufactoren grotendeels zijn genegeerd. Met het oog op de epidemiologische triade (agens-gastheer-omgeving) die op alle ziekten van toepassing is, onderzochten we een mogelijke omgevingsfactor in de COVID-19 pandemie: radiofrequente straling van draadloze communicatiesystemen, waaronder microgolven en millimetergolven. SARS-CoV-2, het virus dat de COVID-19 pandemie veroorzaakte, dook op in Wuhan, China, kort na de implementatie van stadsbrede (vijfde generatie [5G] draadloze communicatiestraling [WCR, wireless communications radiation]), en verspreidde zich snel wereldwijd, waarbij aanvankelijk een statistische correlatie werd aangetoond met internationale gemeenschappen met recent opgezette 5G-netwerken. In deze studie onderzochten we de collegiaal getoetste wetenschappelijke literatuur over de schadelijke bio-effecten van WCR en identificeerden we verschillende mechanismen waardoor WCR als toxische omgevingscofactor kan hebben bijgedragen aan de COVID-19 pandemie. Door de grenzen tussen de disciplines biofysica en pathofysiologie te overschrijden, presenteren we bewijs dat WCR:

(1) morfologische veranderingen in erythrocyten veroorzaakt waaronder echinocyt- en rouleauxvorming die kunnen bijdragen tot hypercoagulatie;

(2) de microcirculatie verstoort en het erythrocyten- en hemoglobinegehalte verlaagt waardoor hypoxie wordt verergerd;

- (3) het disfunctioneren van het immuunsysteem versterkt, waaronder immunosuppressie, auto-immuniteit en hyperinflammatie;
- (4) cellulaire oxidatieve stress en de productie van vrije radicalen verhoogt, wat resulteert in vasculair letsel en orgaanschade;
- (5) intracellulair Ca^{2+} verhoogt wat essentieel is voor virusintrede, replicatie en afgifte, naast het bevorderen van pro-inflammatoire paden;
- en (6) hartritmestoornissen en hartaandoeningen verergert.

Relevantie voor patiënten: Kortom, WCR is een alomtegenwoordige omgevingsstressor geworden die volgens ons kan hebben bijgedragen aan ongunstige gezondheidsresultaten van patiënten die besmet zijn met SARS-CoV-2 en de ernst van de COVID-19 pandemie heeft vergroot. Daarom raden we alle mensen aan, vooral degenen die lijden aan een SARS-CoV-2 infectie, om hun blootstelling aan WCR zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te beperken, totdat verder onderzoek meer duidelijkheid geeft over de systemische gezondheidseffecten die samenhangen met een chronische blootstelling aan WCR.

Trefwoorden: COVID-19; coronavirus; coronavirus ziekte-19, ernstig acuut respiratoir syndroom coronavirus 2; draadloos; elektromagnetische velden; elektromagnetische stress; omgevingsfactor; microgolf; millimetergolf; pandemie; volksgezondheid; radiofrequentie.

1. Inleiding

1.1. Achtergrond

Coronavirusziekte 2019 (COVID-19) staat sinds 2020 centraal in het internationale volksgezondheidsbeleid. Ondanks ongekende volksgezondheidsprotocollen om de pandemie de kop in te drukken, blijft het aantal COVID-19-gevallen stijgen. Wij stellen voor om onze volksgezondheidsstrategieën opnieuw te evalueren.

Volgens de Centers for Disease Control and Prevention (CDC) is het eenvoudigste model van ziekteveroorzaking de epidemiologische triade die bestaat uit drie interactieve factoren: het agens (pathogeen), de omgeving en de gezondheidsstatus van de gastheer [1]. Er wordt uitgebreid onderzoek gedaan naar het agens, severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Er zijn risicofactoren opgehelderd die ervoor zorgen dat een gastheer eerder aan de ziekte bezwijkt. Omgevingsfactoren zijn echter onvoldoende onderzocht. In dit artikel onderzochten we de rol van draadloze communicatiestraling (WCR), een wijdverspreide omgevingsstressor.

We onderzoeken het wetenschappelijk bewijs dat wijst op een mogelijk verband tussen COVID-19 en radiofrequente straling in verband met draadloze communicatietechnologie, waaronder de vijfde generatie (5G) van draadloze communicatietechnologie, hierna WCR genoemd. WCR is al erkend als een vorm van milieuvervuiling en fysiologische stressfactor [2]. Het beoordelen van de mogelijk schadelijke gezondheidseffecten van WCR kan cruciaal zijn voor het ontwikkelen van een effectief, rationeel volksgezondheidsbeleid dat de uitroeiing van de COVID-19 pandemie kan helpen versnellen. Bovendien, omdat we op het punt staan om wereldwijd 5G in te voeren, is het van cruciaal belang om de potentiële schadelijke

gezondheidseffecten van WCR in overweging te nemen voordat het publiek mogelijk wordt geschaad.

5G is een protocol dat gebruik zal maken van hoge frequentiebanden en uitgebreide bandbreedtes van het elektromagnetische spectrum in het enorme radiofrequentiebereik van 600 MHz tot bijna 100 GHz, waaronder millimetergolven (>20 GHz), naast de momenteel gebruikte derde generatie (3G) en vierde generatie (4G) lange-termijn evolutie (LTE) microgolfbanden. 5G-frequentiespectrumtoewijzingen verschillen van land tot land. Gerichtte gepulseerde stralingsbundels zullen worden uitgezonden vanaf nieuwe basisstations en phased array-antennes die dicht bij gebouwen worden geplaatst wanneer personen toegang krijgen tot het 5G-netwerk. Omdat deze hoge frequenties sterk worden geabsorbeerd door de atmosfeer en vooral bij regen, is het bereik van een zender beperkt tot 300 meter. Daarom moeten basisstations en antennes bij 5G veel dichter bij elkaar staan dan bij vorige generaties. Bovendien zullen satellieten in de ruimte wereldwijd 5G-banden uitzenden om een draadloos wereldwijd web te creëren. Het nieuwe systeem vereist daarom een aanzienlijke verdichting van de 4G-infrastructuur, evenals nieuwe 5G-antennes die de blootstelling van de bevolking aan WCR zowel binnen bebouwing/gebouwen als buiten drastisch kunnen verhogen. Het is de bedoeling dat er ongeveer 100.000 zendsatellieten in een baan om de aarde worden gebracht. Deze infrastructuur zal de elektromagnetische omgeving van de wereld aanzienlijk veranderen tot ongekende niveaus en kan onbekende gevolgen hebben voor de hele biosfeer, inclusief de mens. De nieuwe infrastructuur zal de nieuwe 5G-apparaten bedienen, waaronder 5G-mobiele telefoons, routers, computers, tablets, zelfrijdende voertuigen, machine-naar-machine-communicatie en het 'Internet der Dingen' (Internet of Things).

De wereldwijde industriestandaard voor 5G wordt bepaald door het 3G Partnership Project (3GPP), een overkoepelende term voor verschillende organisaties die standaardprotocollen ontwikkelen voor mobiele telecommunicatie. De 5G-standaard specificeert alle belangrijke aspecten van de technologie, waaronder frequentiespectrumtoewijzing, bundelvorming, bundelsturing, multiplexing multiple in, multiple out-schema's en modulatieschema's. 5G zal gebruik maken van 64 tot 256 antennes op korte afstanden om vrijwel gelijktijdig een groot aantal apparaten binnen een cel te bedienen. De laatste definitieve 5G-standaard, Release 16, is vastgelegd in het door 3GPP gepubliceerde Technisch Rapport TR 21.916 en kan worden gedownload van de 3GPP-server op <https://www.3gpp.org/specifications>. Ingenieurs beweren dat 5G prestaties zal bieden die tot 10 keer hoger liggen dan die van de huidige 4G-netwerken [3].

COVID-19 begon in Wuhan, China in december 2019, kort nadat 5G in de hele stad "live" was gegaan, dat wil zeggen een operationeel systeem was geworden, op 31 oktober 2019. COVID-19 uitbraken volgden snel in andere gebieden waar 5G ook op zijn minst gedeeltelijk was geïmplementeerd, waaronder Zuid-Korea, Noord-Italië, New York City, Seattle en Zuid-Californië. In mei 2020 rapporteerde Mordachev [4] een statistisch significante correlatie tussen de intensiteit van radiofrequente straling en de sterfte door SARS-CoV-2 in 31 landen over de hele wereld. Tijdens de eerste pandemiegolf in de Verenigde Staten waren de aan COVID-19 toegeschreven ziekte- en sterfgevallen statistisch hoger in staten en grote steden met een 5G-infrastructuur in vergelijking met staten en steden die nog niet over deze technologie beschikten [5].

Er is een grote hoeveelheid collegiaal getoetste literatuur, al van voor de Tweede Wereldoorlog, over de biologische effecten van WCR die veel aspecten van onze gezondheid beïnvloeden. Bij het bestuderen van deze literatuur vonden we raakvlakken tussen de pathofysiologie van SARS-CoV-2 en de schadelijke bio-effecten van blootstelling aan WCR. Hier presenteren we het bewijs dat suggereert dat WCR een mogelijke factor is die COVID-19 verergert.

1.2. Overzicht van COVID-19

De klinische presentatie van COVID-19 blijkt zeer variabel te zijn, met een breed scala aan symptomen en variatie van geval tot geval. Volgens de CDC kunnen vroege ziektesymptomen onder andere keelpijn, hoofdpijn, koorts, hoest en koude rillingen zijn. Ernstigere symptomen zoals kortademigheid, hoge koorts en ernstige vermoeidheid kunnen in een later stadium optreden. De neurologische gevolgen van smaak- en reukverlies zijn ook beschreven.

Ing et al. [6] stelden vast dat 80% van de getroffen personen geen of milde symptomen heeft, maar oudere mensen en mensen met comorbiditeiten, zoals hypertensie, diabetes en obesitas, hebben een groter risico op ernstige ziekte [7]. Acute respiratory distress syndrome (ARDS, acuut ademnoodsyndroom) kan snel optreden [8] en ernstige kortademigheid veroorzaken doordat endotheelcellen die de bloedvaten bekleden en epitheelcellen die de luchtwegen bekleden hun integriteit verliezen en eiwitrijke vloeistof lekt in aangrenzende luchtzakjes. COVID-19 kan onvoldoende zuurstofniveau (hypoxie) veroorzaken die zijn waargenomen bij tot 80% van de patiënten op de intensive care unit (ICU) [9] die ademnood vertonen. Verminderde oxygenatie en verhoogde kooldioxideniveaus in het bloed van patiënten zijn waargenomen, hoewel de etiologie voor deze bevindingen onduidelijk blijft.

Zware oxidatieve schade aan de longen is waargenomen in gebieden van ingeslepen opaciteit of matglas opaciteit (ground glass opacity, GGO) gedocumenteerd op röntgenfoto's van de borstkas en computertomografie (CT)-scans bij patiënten met SARS-CoV-2 pneumonie [10]. Deze cellulaire stress kan wijzen op een biochemische in plaats van een virale etiologie [11].

Omdat verspreid virus zich kan hechten aan cellen die een angiotensine-converterend enzym 2 (ACE2)-receptor bevatten, kan het zich verspreiden en schade toebrengen aan organen en zachte weefsels in het hele lichaam, waaronder de longen, het hart, de darmen, de nieren, de bloedvaten, het vet, de teelballen en de eierstokken. De ziekte kan de systemische ontsteking verhogen en een hyperstolbare toestand veroorzaken. Zonder antistolling kunnen intravasculaire bloedstolsels verwoestend zijn [12].

Bij COVID-19 patiënten die "long-haulers" (long-covid patiënten) worden genoemd, kunnen de symptomen maandenlang toe- en afnemen [13]. Kortademigheid, vermoeidheid, gewrichtspijn en pijn op de borst kunnen hardnekkige symptomen worden. Postinfectieuze hersenmist (brain fog), hartritme stoornissen en nieuwe hypertensie zijn ook beschreven. Chronische complicaties van COVID-19 op lange termijn worden gedefinieerd naarmate epidemiologische gegevens worden verzameld.

Terwijl ons begrip van COVID-19 zich blijft ontwikkelen, blijven omgevingsfactoren, met name die van elektromagnetische velden van draadloze communicatie, onontdekte variabelen die mogelijk bijdragen aan de ziekte en de ernst ervan bij sommige patiënten. Vervolgens vatten we de bio-effecten van blootstelling aan WCR samen uit de collegiaal getoetste wetenschappelijke literatuur die in de loop van tientallen jaren is gepubliceerd.

1.3. Overzicht van bio-effecten van WCR-blootstelling

Organismen zijn elektrochemische wezens. Lage WCR van apparaten, waaronder basisantennes voor mobiele telefonie, draadloze netwerkprotocollen die gebruikt worden voor het lokaal netwerken van apparaten en internettoegang, met als handelsmerk Wi-Fi (officieel IEEE 802.11b Direct Sequence protocol; IEEE, Institute of Electrical and Electronic Engineers) door de Wi-Fi alliantie, en mobiele telefoons, kunnen de regulatie van talrijke fysiologische functies verstoren. Niet-thermische bio-effecten (onder de vermogensdichtheid die weefselverwarming veroorzaakt) van zeer lage blootstelling aan WCR zijn gerapporteerd in talloze collegiaal getoetste wetenschappelijke publicaties bij vermogensdichtheden onder de blootstellingsrichtlijnen van de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) [14]. WCR op laag niveau blijkt het organisme op alle organisatieniveaus te beïnvloeden, van het moleculaire tot het cellulaire, fysiologische, gedrags- en psychologische niveau. Bovendien is aangetoond dat het systemische schadelijke gezondheidseffecten veroorzaakt, waaronder een verhoogd risico op kanker [15], endocriene veranderingen [16], verhoogde productie van vrije radicalen [17], beschadiging van desoxyribonucleïnezuur (DNA) [18], veranderingen in het voortplantingssysteem [19], leer- en geheugenstoornissen [20] en neurologische aandoeningen [21]. Organismen zijn geëvolueerd binnen de extreem lage natuurlijke radiofrequentieachtergrond van de aarde en hebben niet het vermogen om zich aan te passen aan verhoogde niveaus van onnatuurlijke straling van draadloze communicatietechnologie met digitale modulatie die korte intense pulsen 'bursts' (uitbarstingen) bevat.

De collegiaal getoetste wetenschappelijke wereldliteratuur heeft bewijs gedocumenteerd voor schadelijke biologische effecten van blootstelling aan WCR, waaronder 5G-frequenties, gedurende meerdere decennia. De Sovjet en Oost-Europese literatuur van 1960 tot 1970 toont significante biologische effecten aan, zelfs bij blootstellingsniveaus die meer dan 1000 keer lager zijn dan 1 mW/cm^2 , de huidige richtlijn voor maximale blootstelling van het publiek in de VS. Oosterse studies op dieren en mensen werden uitgevoerd bij lage blootstellingsniveaus ($<1 \text{ mW/cm}^2$) gedurende lange perioden (meestal maanden). Ongewenste bio-effecten van WCR-blootstellingsniveaus onder $0,001 \text{ mW/cm}^2$ zijn ook gedocumenteerd in de westerse literatuur. Er is schade gerapporteerd aan de levensvatbaarheid van menselijk sperma, waaronder DNA-fragmentatie, door laptopcomputers met internetverbinding bij vermogensdichtheden van $0,0005$ tot $0,001 \text{ mW/cm}^2$ [22]. Chronische blootstelling van mensen aan $0,000006 - 0,00001 \text{ mW/cm}^2$ veroorzaakte significante veranderingen in menselijke stresshormonen na installatie van een basisstation voor mobiele telefonie [23]. Blootstelling van mensen aan straling van mobiele telefoons van $0,00001 - 0,00005 \text{ mW/cm}^2$ resulteerde in klachten van hoofdpijn, neurologische problemen, slaapproblemen en concentratieproblemen, wat overeenkomt met "magnetronziekte" [24,25]. De effecten van WCR op de prenatale ontwikkeling bij muizen die in de buurt

van een "antennepark" werden geplaatst, blootgesteld aan vermogensdichtheden van 0,000168 tot 0,001053 mW/cm², toonden een progressieve afname van het aantal pasgeborenen en eindigden in onomkeerbare onvruchtbaarheid [26]. Het meeste onderzoek in de VS is uitgevoerd over korte perioden van weken of minder. In de afgelopen jaren zijn er weinig langetermijnonderzoeken bij dieren of mensen uitgevoerd.

Ziekte door blootstelling aan WCR is gedocumenteerd sinds het vroege gebruik van radar. Langdurige blootstelling aan microgolven en millimetergolven van radar werd tientallen jaren geleden door Russische wetenschappers in verband gebracht met verschillende aandoeningen die "radiogolfziekte" werden genoemd. Een grote verscheidenheid aan bio-effecten van niet-thermische vermogensdichtheden van WCR werd sinds de jaren 1960 door Sovjet-onderzoeksgroepen gerapporteerd. Een bibliografie van meer dan 3700 referenties over de gerapporteerde biologische effecten in de wetenschappelijke wereldliteratuur werd in 1972 (herzien in 1976) gepubliceerd door het US Naval Medical Research Institute [27,28]. Hieronder volgt een samenvatting van een aantal relevante Russische studies.

Onderzoek naar *Escherichia coli* bacterieculturen toont vermogensdichtheidsvensters voor microgolfresonantie-effecten voor 51,755 GHz stimulatie van bacteriegroei, waargenomen bij extreem lage vermogensdichtheden van 10⁻¹³ mW/cm² [29], wat een bio-effect op extreem laag niveau illustreert. Recenter Russisch onderzoek bevestigde eerdere resultaten van Sovjet onderzoeksgroepen over de effecten van 2,45 GHz bij 0,5 mW/cm² op ratten (30 dagen blootstelling gedurende 7 uur/dag), waarbij de vorming van antilichamen tegen de hersenen (auto-immuunrespons) en stressreacties werden aangetoond [30]. In een langetermijnstudie (1 - 4 jaar) waarin kinderen die mobiele telefoons gebruiken en werden vergeleken met een controlegroep, werden functionele veranderingen gerapporteerd, waaronder grotere vermoeidheid, verminderde vrijwillige aandacht en verzwakking van het semantisch geheugen, naast andere nadelige psychofysiologische veranderingen [31]. Belangrijke Russische onderzoeksrapporten die ten grondslag liggen aan de wetenschappelijke basis voor de Sovjet- en Russische richtlijnen voor blootstelling aan WCR ter bescherming van het publiek, die veel lager zijn dan de Amerikaanse richtlijnen, zijn samengevat [32].

Ter vergelijking met de blootstellingsniveaus die in deze onderzoeken zijn gebruikt, hebben we in december 2020 het omgevingsniveau van WCR gemeten van 100 MHz tot 8 GHz in het centrum van San Francisco, Californië, en we vonden een gemiddelde vermogensdichtheid van 0,0002 mW/cm². Dit niveau is het resultaat van de superpositie van meerdere WCR-apparaten. Het is ongeveer 2×10^{10} keer hoger dan de natuurlijke achtergrond.

Gepulseerde radiofrequente straling zoals WCR vertoont substantieel andere bio-effecten, zowel kwalitatief als kwantitatief (over het algemeen meer uitgesproken) in vergelijking met continue golven bij vergelijkbare tijdgemiddelde vermogensdichtheden [33-36]. De specifieke interactiemechanismen worden niet goed begrepen. Alle soorten draadloze communicatie maken gebruik van extreem lage frequenties (ELF's) in de modulatie van de radiofrequente draaggolfsignalen, meestal pulsen om de capaciteit van de verzonden informatie te verhogen. Deze combinatie van radiofrequente straling met ELF-modulatie(s) is over het algemeen meer bioactief, omdat verondersteld wordt

dat organismen zich niet gemakkelijk kunnen aanpassen aan zulke snel veranderende golfvormen [37-40]. Daarom moet de aanwezigheid van ELF-componenten van radiofrequente golven van pulserende of andere modulaties worden meegenomen in studies naar de bio-effecten van WCR. Helaas is de rapportage van dergelijke modulaties onbetrouwbaar, vooral in oudere onderzoeken [41].

Het BioInitiative Report [42], geschreven door 29 experts uit tien landen, en bijgewerkt in 2020, biedt een wetenschappelijke, hedendaagse samenvatting van de literatuur over de bio-effecten en gevolgen voor de gezondheid van blootstelling aan WCR, inclusief een compendium van ondersteunend onderzoek. Er zijn recente reviews gepubliceerd [43-46]. Twee uitgebreide reviews over de bio-effecten van millimetergolven melden dat zelfs kortdurende blootstelling duidelijke bio-effecten veroorzaakt [47,48].

2. Methoden

Er werd een doorlopende literatuurstudie uitgevoerd naar de zich ontvouwende pathofysiologie van SARS-CoV-2. Om een mogelijk verband met bio-effecten van WCR-blootstelling te onderzoeken, onderzochten we meer dan 250 collegiaal getoetste onderzoeksrapporten van 1969 tot 2021, waaronder reviews en onderzoeken op cellen, dieren en mensen. We onderzochten de Engelstalige wereldliteratuur en naar Engels vertaalde Russische rapporten over radiofrequenties van 600 MHz tot 90 GHz, het draaggolfspectrum van WCR (2G tot en met 5G), met speciale nadruk op niet-thermische, lage vermogensdichtheden ($<1 \text{ mW/cm}^2$) en langdurige blootstelling. De volgende zoektermen werden gebruikt in zoekopdrachten in MEDLINE® en het Defense Technical Information Center (<https://discover.dtic.mil>) om relevante onderzoeksrapporten te vinden: radiofrequente straling, microgolf, millimetergolf, radar, MHz, GHz, bloed, rode bloedcel, erythrocyt, hemoglobine, hemodynamiek, zuurstof, hypoxie, vasculair, ontsteking, pro-inflammatoir, immuun, lymfocyt, T-cel, cytokine, intracellulair calcium, sympathische functie, aritmie, hart, cardiovasculair, oxidatieve stress, glutathion, reactieve zuurstofsoorten (ROS), COVID-19, virus en SARS-CoV-2. Beroepsstudies over aan WCR blootgestelde werknemers werden in de studie opgenomen. Onze benadering is verwant aan een literatuurgerelateerde ontdekking, waarbij twee concepten die tot nu toe niet met elkaar in verband zijn gebracht, worden onderzocht in de literatuurzoektochten om te zoeken naar koppeling(en) om nieuwe, interessante, plausibele en begrijpelijke kennis te produceren, oftewel een potentiële ontdekking [49]. Uit analyse van deze studies in vergelijking met nieuwe informatie die zich ontvouwt over de pathofysiologie van SARS-CoV-2, identificeerden we verschillende manieren waarop schadelijke bio-effecten van WCR-blootstelling kruisen met COVID-19 manifestaties en organiseerden we onze bevindingen in vijf categorieën.

3. Resultaten

Tabel 1 geeft een overzicht van de manifestaties die voorkomen bij COVID-19, inclusief ziekteprogressie en de corresponderende nadelige bio-effecten van blootstelling aan WCR. Hoewel deze effecten zijn onderverdeeld in categorieën – veranderingen in het bloed, oxidatieve stress, verstoring en activering van het immuunsysteem, verhoogd intracellulair calcium (Ca^{2+}) en cardiale effecten - moet worden benadrukt dat deze effecten niet onafhankelijk van elkaar zijn. Bloedstolling en ontsteking hebben

bijvoorbeeld overlappende mechanismen en oxidatieve stress is zowel betrokken bij morfologische veranderingen van erythrocyten als bij hypercoagulatie, ontsteking en orgaanschade.

Tabel 1. Bio-effecten van blootstelling aan draadloze communicatiestraling (WCR) in relatie tot COVID-19 manifestaties en hun progressie

Bio-effecten van blootstelling aan draadloze communicatiestraling (WCR)	COVID-19 manifestaties
<p>Veranderingen in het bloed Korte termijn: rouleaux, echinocyten Lange termijn: verminderde stollingstijd van het bloed, verminderd hemoglobine, hemodynamische stoornissen</p>	<p>Veranderingen in het bloed Rouleaux, echinocyten Hemoglobine-effecten; vasculaire effecten → Verminderd hemoglobine bij ernstige ziekte; autoimmuun hemolytische anemie; hypoxemie en hypoxie → Endotheelschade; verminderde microcirculatie; hypercoagulatie; gedissemineerde intravasale coagulopathie (DIC); longembolie; beroerte</p>
<p>Oxidatieve stress Afname glutathionspiegel; toename vrije radicalen en lipide peroxide; afname superoxide dismutase activiteit; oxidatieve schade in weefsels en organen</p>	<p>Oxidatieve stress Afname glutathionspiegel; toename vrije radicalen en schade; apoptose → Oxidatieve schade; orgaanschade bij ernstige ziekte</p>
<p>Verstoring en activering van het immuunsysteem Immuunsuppressie in sommige studies; immuunhyperactivatie in andere studies Lange termijn: onderdrukking van T-lymfocyten; toename van ontstekingsbiomarkers; auto-immuniteit; orgaanschade</p>	<p>Verstoring en activering van het immuunsysteem Verminderde productie van T-lymfocyten; verhoogde ontstekingsbiomarkers. → Hyperactivatie en ontsteking van het immuunsysteem; cytokinestorm bij ernstige ziekte; door cytokine geïnduceerde hypo-perfusie met hypoxie als gevolg; orgaanbeschadiging; orgaanfalen</p>
<p>Verhoogd intracellulair calcium Door activering van spanningsgevoelige calciumkanalen op celmembranen, met talrijke secundaire effecten</p>	<p>Verhoogd intracellulair calcium → Verhoogde intrede, replicatie en afgifte van het virus → Verhoogde NF-κB, ontstekingsbevorderende processen, stolling en trombose</p>
<p>Cardiale effecten Upregulatie van het sympathische zenuwstelsel; hartkloppingen en hartritmestoornissen</p>	<p>Cardiale effecten Hartritmestoornissen → Myocarditis; myocardiale ischemie; hartletsel; hartfalen</p>

Ondersteunend bewijs, inclusief onderzoeksdetails en citaten, wordt in de tekst gegeven onder elk onderwerp, d.w.z. veranderingen in het bloed, oxidatieve stress, enz.

3.1. Veranderingen in het bloed

Blootstelling aan WCR kan morfologische veranderingen in bloed veroorzaken die gemakkelijk te zien zijn met fasecontrast- of donkerveldmicroscopie van levende perifere bloedmonsters. In 2013 observeerde Havas erythrocytenaggregatie inclusief rouleaux (rollen van gestapelde rode bloedcellen) in levende perifere bloedmonsters na 10 minuten blootstelling van mensen aan een draadloze telefoon op 2,4 GHz [50]. Hoewel niet collegiaal gerecenseerd, onderzocht één van ons (Rubik) het effect van 4G LTE-straling van mobiele telefoons op het perifere bloed van tien menselijke proefpersonen, die elk gedurende twee opeenvolgende intervallen van 45 minuten waren blootgesteld aan mobiele telefoonstraling [51]. Er werden twee soorten effecten waargenomen: verhoogde kleverigheid en samenklontering van rode bloedcellen met rouleauxvorming, en daaropvolgende vorming van echinocyten (stekelige rode bloedcellen). Het is bekend dat klontering en aggregatie van rode bloedcellen actief betrokken zijn bij de bloedstolling [52]. De prevalentie van dit fenomeen bij blootstelling aan WCR in de menselijke populatie is nog niet bepaald. Er moeten grotere gecontroleerde studies worden uitgevoerd om dit fenomeen verder te onderzoeken.

Vergelijkbare rode bloedcelveranderingen zijn beschreven in perifeer bloed van COVID-19-patiënten [53]. Rouleauxvorming is waargenomen bij 1/3 van de COVID-19 patiënten, terwijl de vorming van sferocyten en echinocyten meer variabel is. De binding van spike-eiwitten met ACE2-receptoren op cellen die de bloedvaten bekleden kan leiden tot endotheelschade, zelfs geïsoleerd [54]. Rouleaux-vorming, vooral in de setting van onderliggende endotheelschade, kan de microcirculatie verstoppen, waardoor zuurstoftransport wordt belemmerd, bijgedragen wordt aan hypoxie en het risico op trombose toeneemt [52]. Trombogenese geassocieerd met SARS-CoV-2 infectie kan ook worden veroorzaakt door directe virale binding aan ACE2-receptoren op bloedplaatjes [55].

Er zijn bijkomende effecten op het bloed waargenomen bij zowel mensen als dieren die aan WCR werden blootgesteld. In 1977 rapporteerde een Russische studie dat knaagdieren bestraald met 5 - 8 mm golven (60 - 37 GHz) bij 1 mW/cm² gedurende 15 min/dag gedurende 60 dagen hemodynamische stoornissen, onderdrukte vorming van rode bloedcellen, verminderd hemoglobine en een remming van zuurstofbenutting (oxidatieve fosforylering door de mitochondriën) ontwikkelden [56]. In 1978 toonde een 3 jaar durend Russisch onderzoek bij 72 ingenieurs die blootgesteld waren aan millimetergolfgeneratoren met een stralingsniveau van 1 mW/cm² of minder een afname van hun hemoglobinegehalte en het aantal rode bloedcellen, en een neiging tot hypercoagulatie, terwijl een controlegroep geen veranderingen vertoonde [57]. Dergelijke schadelijke hematologische effecten van blootstelling aan WCR kunnen ook bijdragen aan de ontwikkeling van hypoxie en bloedstolling die werden waargenomen bij COVID-19 patiënten.

Er is voorgesteld dat het SARS-CoV-2 virus erythrocyten aanvalt en de afbraak van hemoglobine veroorzaakt [11]. Virale eiwitten vallen mogelijk de 1-beta keten van hemoglobine aan en vangen het porfyriene, samen met andere eiwitten van het virus die de dissociatie van ijzer uit heemverbindingen (haem) katalyseren [58]. In principe zou dit het aantal functionele erythrocyten verminderen en het vrijkomen van vrije ijzerionen veroorzaken die oxidatieve stress, weefselschade en hypoxie zouden kunnen veroorzaken. Met hemoglobine dat gedeeltelijk vernietigd is en longweefsel dat

beschadigd is door ontsteking, zouden patiënten minder in staat zijn om koolstofdioxide (CO₂) en zuurstof (O₂) uit te wisselen en zouden ze zuurstofarm worden. In feite vertonen sommige COVID-19 patiënten verlaagde hemoglobinespiegels van 7,1 g/L en zelfs zo laag als 5,9 g/L in ernstige gevallen [59]. Klinische studies van bijna 100 patiënten uit Wuhan toonden aan dat het hemoglobinegehalte in het bloed van de meeste patiënten die besmet zijn met SARS-CoV-2 aanzienlijk verlaagd is, wat leidt tot een verminderde zuurstoftoevoer naar weefsels en organen [60]. In een meta-analyse van vier studies met in totaal 1210 patiënten en 224 met ernstige ziekte, waren de hemoglobinewaarden verlaagd bij COVID-19 patiënten met ernstige ziekte in vergelijking met patiënten met mildere vormen [59]. In een ander onderzoek met 601 COVID-19-patiënten had 14,7% van de anemische COVID-19 IC-patiënten en 9% van de niet-IC COVID-19-patiënten autoimmuun hemolytische anemie [61]. Bij patiënten met een ernstige COVID-19 ziekte bieden een verlaagd hemoglobinegehalte samen met een verhoogde erytrocyt bezinkingssnelheid (ESR), C-reactief proteïne, lactaatdehydrogenase, albumine [62], serumferritine [63] en een lage zuurstofsaturatie [64] extra ondersteuning voor deze hypothese. Bovendien kan transfusie van verpakte rode bloedcellen het herstel bevorderen van COVID-19 patiënten met acuut respiratoir falen [65].

Kortom, zowel blootstelling aan WCR als COVID-19 kunnen schadelijke effecten hebben op de rode bloedcellen en een verlaagd hemoglobinegehalte, wat bijdraagt aan hypoxie bij COVID-19. Endotheelschade kan verder bijdragen aan hypoxie en veel van de vasculaire complicaties die worden waargenomen bij COVID-19 [66]. Endotheelschade kan verder bijdragen aan hypoxie en veel van de vasculaire complicaties die worden waargenomen bij COVID-19 [66] en die worden besproken in de volgende paragraaf.

3.2. Oxidatieve stress

Oxidatieve stress is een niet-specifieke pathologische toestand die een onevenwichtigheid weerspiegelt tussen een verhoogde productie van reactieve zuurstofsoorten (ROS) en een onvermogen van het organisme om de ROS te ontgiften of de schade die ze veroorzaken aan biomoleculen en weefsels te herstellen [67]. Oxidatieve stress kan celsignalering verstoren, de vorming van stressproteïnen veroorzaken en zeer reactieve vrije radicalen genereren die schade aan DNA en celmembranen kunnen veroorzaken.

SARS-CoV-2 remt intrinsieke routes die ontworpen zijn om ROS-niveaus te verminderen, waardoor de morbiditeit toeneemt. Ontregeling van het immuunsysteem, dat wil zeggen de upregulatie van interleukine (IL)-6 en tumornecrosefactor α (TNF- α) [68] en onderdrukking van interferon (IFN) α en IFN β [69] zijn geïdentificeerd in de cytokinestorm die gepaard gaat met ernstige COVID-19-infecties en veroorzaakt oxidatieve stress [10]. Oxidatieve stress en mitochondriale disfunctie kunnen de cytokinestorm verder aanwakkeren, de weefselschade verergeren en het risico op ernstige ziekte en overlijden vergroten.

Ook WCR op een laag niveau genereert ROS in cellen die oxidatieve schade veroorzaken. Oxidatieve stress wordt zelfs beschouwd als één van de belangrijkste mechanismen waardoor blootstelling aan WCR cellulaire schade veroorzaakt. Van de 100 momenteel beschikbare collegiaal getoetste onderzoeken waarin de oxidatieve effecten van laagintensief WCR zijn onderzocht, bevestigden er 93 dat WCR oxidatieve effecten in

biologische systemen induceert [17]. WCR is een oxidatieve agens met een hoog pathogeen potentieel, vooral bij continue blootstelling [70].

Oxidatieve stress is ook een erkend mechanisme dat endotheelschade veroorzaakt [71]. Dit kan zich manifesteren bij patiënten met ernstige COVID-19 naast het verhogen van het risico op bloedstolselvorming en het verergeren van hypoxemie [10]. Lage niveaus van glutathion, de belangrijkste antioxidant, zijn waargenomen in een kleine groep COVID-19 patiënten, waarbij het laagste niveau werd gevonden in de ernstigste gevallen [72]. Het vinden van lage glutathionspiegels bij deze patiënten ondersteunt verder oxidatieve stress als een component van deze ziekte [72]. In feite kan glutathion, de belangrijkste bron van sulfhydrylgebaseerde antioxidantactiviteit in het menselijk lichaam, een centrale rol spelen in COVID-19 [73]. Een tekort aan glutathion is voorgesteld als de meest waarschijnlijke oorzaak van ernstige manifestaties bij COVID-19 [72]. De meest voorkomende co-morbiditeiten, hypertensie [74]; obesitas [75]; diabetes [76]; en chronische obstructieve longziekte [74] ondersteunen het concept dat reeds bestaande aandoeningen die lage glutathionspiegels veroorzaken synergetisch kunnen werken om de "perfecte storm" te creëren voor zowel de respiratoire als vasculaire complicaties van ernstige infectie. Een ander artikel waarin twee gevallen van COVID-19 pneumonie worden aangehaald die met succes zijn behandeld met intraveneus glutathion ondersteunt deze hypothese ook [77].

Veel onderzoeken rapporteren oxidatieve stress bij mensen die zijn blootgesteld aan WCR. Peraica et al. [78] vonden verlaagde glutathionbloedspiegels bij werknemers die waren blootgesteld aan WCR van radarapparatuur ($0,01 \text{ mW/cm}^2$ - 10 mW/cm^2 ; 1,5 - 10,9 GHz). Garaj-Vrhovac et al. [79] bestudeerden bio-effecten na blootstelling aan niet-thermische gepulseerde microgolven van marineradar (3 GHz, 5,5 GHz en 9,4 GHz) en rapporteerden verlaagde glutathionniveaus en verhoogde malondialdehyde (marker voor oxidatieve stress) in een beroepsmatig blootgestelde groep [79]. Bloedplasma van personen die in de buurt van basisstations voor mobiele telefonie woonden, vertoonde significant verlaagde glutathion-, katalase- en superoxide dismutasespiegels in vergelijking met niet-blootgestelde controles [80]. In een onderzoek naar blootstelling van mensen aan WCR van mobiele telefoons werden verhoogde bloedwaarden van lipide peroxide gerapporteerd, terwijl de enzymatische activiteiten van superoxide dismutase en glutathion peroxidase in de rode bloedcellen afnamen, wat duidt op oxidatieve stress [81].

In een onderzoek met ratten die werden blootgesteld aan 2450 MHz (frequentie van draadloze routers) werd oxidatieve stress geïmpliceerd bij het veroorzaken van lysis van rode bloedcellen (hemolyse) [82]. In een ander onderzoek toonden ratten die gedurende 8 dagen 7 uur per dag werden blootgesteld aan 945 MHz (frequentie van basisstations) bij $0,367 \text{ mW/cm}^2$ lage glutathionniveaus en verhoogde malondialdehyde- en superoxide dismutase enzymactiviteit, kenmerken van oxidatieve stress [83]. In een langdurig gecontroleerd onderzoek met ratten die gedurende 10 maanden, gedurende 2 uur per dag, werden blootgesteld aan 900 MHz (mobiele telefoonfrequentie) bij $0,0782 \text{ mW/cm}^2$ was er een significante toename in malondialdehyde en totale oxidantstatus ten opzichte van controles [84]. In een ander gecontroleerd langetermijnonderzoek bij ratten die gedurende 7 maanden werden blootgesteld aan twee mobiele telefoonfrequenties, 1800 MHz en 2100 MHz, bij vermogensdichtheden van $0,04$ - $0,127 \text{ mW/cm}^2$ gedurende 2 uur/dag, werden

significante veranderingen gevonden in oxidant-antioxidant parameters, DNA-strengbreuken en oxidatieve DNA-schade [85].

Er is een verband tussen oxidatieve stress en trombogenese [86]. ROS kunnen endotheeldisfunctie en cellulaire schade veroorzaken. De endotheelbekleding van het vaatstelsel bevat ACE2-receptoren die het doelwit zijn van SARS-CoV-2. De resulterende endotheeliitis kan lumenale vernauwing veroorzaken en resulteren in trombogenese [86]. De resulterende endotheeliitis kan lumenale vernauwing veroorzaken en resulteren in een verminderde bloedstroom naar stroomafwaartse structuren. Trombi in arteriële structuren kunnen de bloedstroom verder belemmeren en ischemie en/of infarcten veroorzaken in betrokken organen, waaronder longemboli en beroertes. Abnormale bloedstolling die leidt tot micro-emboli was een erkende complicatie vroeg in de geschiedenis van COVID-19 [87]. Van de 184 IC COVID-19 patiënten vertoonde 31% trombotische complicaties [88]. Cardiovasculaire stollingsgebeurtenissen zijn een veel voorkomende doodsoorzaak bij COVID-19 [12]. Longembolie, gedissemineerde intravasculaire stolling (DIC), lever-, hart- en nierfalen zijn allemaal waargenomen bij COVID-19-patiënten [89].

Patiënten met de hoogste cardiovasculaire risicofactoren in COVID-19 zijn onder andere mannen, ouderen, diabetici, obese en hypertensieve patiënten. Er is echter ook een verhoogde incidentie van beroertes bij jongere patiënten met COVID-19 beschreven [90].

Oxidatieve stress wordt veroorzaakt door blootstelling aan WCR en is een bekende oorzaak van hart- en vaatziekten. Alomtegenwoordige blootstelling aan WCR in het milieu kan bijdragen aan hart- en vaatziekten door een chronische toestand van oxidatieve stress te creëren [91]. Dit zou leiden tot oxidatieve schade aan cellulaire bestanddelen en signaaltransductiepaden veranderen. Daarnaast kan pulsgemoduleerde WCR oxidatieve schade veroorzaken in lever-, long-, testis- en hartweefsel door lipide peroxidatie, verhoogde stikstofdioxide-niveaus en onderdrukking van het antioxidant afweermechanisme [92].

Samengevat is oxidatieve stress een belangrijke component in de pathofysiologie van COVID-19 en in cellulaire schade veroorzaakt door blootstelling aan WCR.

3.3. Verstoring en activering van het immuunsysteem

Wanneer SARS-CoV-2 het menselijk lichaam voor het eerst infecteert, valt het cellen aan die de neus, keel en bovenste luchtwegen bekleden en die ACE2-receptoren bevatten. Zodra het virus toegang krijgt tot een gastheercel via één van zijn spike-eiwitten, de meervoudige uitsteeksels van de virale envelop die zich binden aan ACE2-receptoren, verandert het de cel in een virus dat zichzelf vermenigvuldigt.

Als reactie op een COVID-19 infectie is aangetoond dat zowel een onmiddellijke systemische aangeboren immuunrespons als een vertraagde adaptieve respons optreedt [93]. Het virus kan ook een ontregeling van de immuunrespons veroorzaken, met name in de verminderde productie van T-lymfocyten. [94]. Ernstige gevallen hebben meestal lagere lymfocytentellingen, hogere leukocytentellingen en neutrofielen-lymfocytenratio's, evenals lagere percentages monocytten, eosinofielen en basofielen

[94]. Ernstige gevallen van COVID-19 vertonen de grootste achteruitgang in T-lymfocyten.

Ter vergelijking, studies met een laag niveau van WCR op proefdieren tonen ook een verminderde immuunfunctie aan [95]. De bevindingen omvatten fysieke veranderingen in immuuncellen, een degradatie van immunologische reacties, ontstekingen en weefselschade. Baranski [96] stelde cavia's en konijnen bloot aan continue of pulsgemoduleerde 3000 MHz microgolven met een gemiddelde vermogensdichtheid van $3,5 \text{ mW/cm}^2$ gedurende 3 uur per dag gedurende 3 maanden en vond niet-thermische veranderingen in het aantal lymfocyten, afwijkingen in de nucleaire structuur en mitose in de erytroblasten celserie in het beenmerg en in lymfoïde cellen in lymfeklieren en milt. Andere onderzoekers hebben verminderde T-lymfocyten of een onderdrukte immuunfunctie aangetoond bij dieren die blootgesteld waren aan WCR. Konijnen blootgesteld aan 2,1 GHz bij 5 mW/cm^2 gedurende 3 uur/dag, 6 dagen/week, gedurende 3 maanden, toonden onderdrukking van T-lymfocyten [97]. Ratten die gedurende 21 maanden werden blootgesteld aan 2,45 GHz en 9,7 GHz gedurende 2 uur/dag, 7 dagen/week, vertoonden een significante afname in het aantal lymfocyten en een toename in sterfte na 25 maanden in de bestraalde groep [98]. Lymfocyten afkomstig van konijnen die 6 maanden lang 23 uur per dag bestraald werden met 2,45 GHz laten een significante onderdrukking zien van de immuunrespons op een mitogeen [99].

In 2009 voerde Johansson een literatuuronderzoek uit, waarin ook het Bioinitiative Report uit 2007 was opgenomen. Hij concludeerde dat blootstelling aan elektromagnetische velden (electromagnetic fields, EMF), waaronder WCR, het immuunsysteem kan verstoren en allergische en ontstekingsreacties kan veroorzaken op blootstellingsniveaus die aanzienlijk lager zijn dan de huidige nationale en internationale veiligheidslimieten en het risico op systemische ziekten kan verhogen [100]. Een review uitgevoerd door Szmigielski in 2013 concludeerde dat zwakke RF (Radio Frequency)/microgolfvelden, zoals die worden uitgezonden door mobiele telefoons, verschillende immuunfuncties kunnen beïnvloeden, zowel in vitro als in vivo [101]. Hoewel de effecten historisch gezien enigszins inconsistent zijn, documenteren de meeste onderzoeken veranderingen in het aantal en de activiteit van immuuncellen door blootstelling aan RF. In het algemeen kan kortdurende blootstelling aan zwakke microgolfstraling tijdelijk een aangeboren of adaptieve immuunrespons stimuleren, maar langdurige bestraling remt diezelfde functies.

In de acute fase van een COVID-19 infectie vertonen bloedtests verhoogde ESR, C-reactief proteïne en andere verhoogde ontstekingsmarkers [102], wat typisch is voor een aangeboren immuunrespons. Snelle virale replicatie kan de dood van epitheel- en endotheelcellen veroorzaken en resulteren in lekkende bloedvaten en het vrijkomen van pro-inflammatoire cytokinen [103]. Cytokinen, eiwitten, peptiden en proteoglycanen die de immuunrespons van het lichaam moduleren, zijn licht verhoogd bij patiënten met een milde tot matige ernst van de ziekte [104]. Bij mensen met een ernstige ziekte kan een ongecontroleerde afgifte van ontstekingsbevorderende cytokinen - een cytokinestorm - optreden. Cytokinestormen ontstaan door een onbalans in T-celactivatie met een ontregelde afgifte van IL-6, IL-17 en andere cytokinen. Geprogrammeerde celdood (apoptose), ARDS, DIC en falen van meerdere organen

kunnen allemaal het gevolg zijn van een cytokinestorm en het risico op sterfte verhogen.

Ter vergelijking: Sovjetonderzoekers ontdekten in de jaren 1970 dat radiofrequente straling het immuunsysteem van dieren kan beschadigen. Shandala [105] stelde ratten bloot aan 0,5 mW/cm² microgolven gedurende 1 maand, 7 uur per dag, en ontdekte verminderde immunocompetentie en inductie van auto-immuunziekte. Ratten die bestraald werden met 2,45 GHz bij 0,5 mW/cm² gedurende 7 uur per dag gedurende 30 dagen produceerden autoimmunreacties, en 0,1 - 0,5 mW/cm² produceerde aanhoudende pathologische immunreacties [106]. Blootstelling aan microgolfstraling, zelfs op lage niveaus (0,1 - 0,5 mW/cm²), kan de immunofunctie aantasten, wat fysieke veranderingen veroorzaakt in de essentiële cellen van het immuunsysteem en een degradatie van immunologische reacties [107]. Szabo e.a. [108] onderzochten de effecten van 61,2 GHz blootstelling op epidermale keratinocyten en vonden een toename van IL-1b, een pro-inflammatoir cytokine. Makar et al. [109] ontdekten dat immuunsuppressieve muizen die 3 dagen lang 30 min/dag bestraald werden door 42,2 GHz verhoogde niveaus van TNF- α vertoonden, een cytokine geproduceerd door macrofagen.

Kortom, COVID-19 kan leiden tot immuundisregulatie en cytokinestormen. Ter vergelijking: blootstelling aan WCR op een laag niveau, zoals waargenomen in dierstudies, kan ook het immuunsysteem aantasten, waarbij chronische dagelijkse blootstelling leidt tot immunosuppressie of immuundisregulatie inclusief hyperactivatie.

3.4. Verhoogd intracellulair calcium

In 1992 suggereerde Walleczek voor het eerst dat ELF elektromagnetische velden (<3000 Hz) membraangemedieerde Ca²⁺ signalering kunnen beïnvloeden en kunnen leiden tot verhoogd intracellulair Ca²⁺ [110]. Het mechanisme van het onregelmatig doorlaten van spanningsafhankelijke ionenkanalen in celmembranen door gepolariseerde en coherente, oscillerende elektrische of magnetische velden werd voor het eerst gepresenteerd in 2000 en 2002 [40,111]. Pall [112] merkte in zijn overzicht van WCR-geïnduceerde bio-effecten in combinatie met het gebruik van calciumkanaalblockers (CCB) op dat spanningsgevoelige calciumkanalen een belangrijke rol spelen bij WCR-bio-effecten. Verhoogd intracellulair Ca²⁺ is het gevolg van de activering van spanningsgevoelige calciumkanalen, en dit zou één van de belangrijkste werkingsmechanismen van WCR op organismen kunnen zijn.

Intracellulaire Ca²⁺ is essentieel voor virusintrede, replicatie en afgifte. Er is gemeld dat sommige virussen spanningsgevoelige calciumkanalen kunnen manipuleren om het intracellulaire Ca²⁺ te verhogen en zo virale intrede en replicatie te vergemakkelijken [113]. Onderzoek heeft aangetoond dat de interactie tussen een virus en spanningsgevoelige calciumkanalen de virusintrede bevordert bij de fusie tussen virus en gastheercel [113]. Nadat het virus zich bindt aan zijn receptor op een gastheercel en de cel binnendringt via endocytose, neemt het virus de gastheercel over om zijn componenten aan te maken. Bepaalde virale eiwitten manipuleren vervolgens calciumkanalen, waardoor het intracellulaire Ca²⁺ toeneemt, wat verdere virale replicatie vergemakkelijkt.

Hoewel er geen direct bewijs is gerapporteerd, is er indirect bewijs dat verhoogde intracellulaire Ca^{2+} betrokken kan zijn bij COVID-19. In een recente studie hadden oudere COVID-19-patiënten die in het ziekenhuis waren opgenomen en behandeld werden met CCB's, amlodipine of nifedipine, een grotere kans om te overleven en hadden ze minder vaak intubatie of mechanische beademing nodig dan controles [114]. Bovendien beperken CCB's sterk de intrede en infectie van SARS-CoV-2 in gekweekte epitheliale longcellen [115]. CCB's blokkeren ook de toename van intracellulair Ca^{2+} veroorzaakt door blootstelling aan WCR en andere elektromagnetische velden [112].

Intracellulair Ca^{2+} is een alomtegenwoordige tweede boodschapper die signalen doorgeeft die worden ontvangen door celoppervlakreceptoren aan effectoreiwitten die betrokken zijn bij talloze biochemische processen. Verhoogd intracellulair Ca^{2+} is een belangrijke factor in de upregulatie van transcriptie nucleaire factor KB (NF- κ B) [116], een belangrijke regulator van pro-inflammatoire cytokineproductie en stollings- en trombotische cascades. Er wordt verondersteld dat NF- κ B een belangrijke factor is die ten grondslag ligt aan ernstige klinische manifestaties van COVID-19 [117].

Kortom, blootstelling aan WCR kan daarom de infectiviteit van het virus verhogen door het intracellulaire Ca^{2+} te verhogen, wat ook indirect kan bijdragen aan ontstekingsprocessen en trombose.

3.5. Cardiale effecten

Hartritmestoornissen komen vaker voor bij kritiek zieke patiënten met COVID-19 [118]. De oorzaak voor hartritmestoornissen bij COVID-19-patiënten is multifactorieel en omvat cardiale en extra-cardiale processen [119]. Directe infectie van de hartspier door SARS-CoV-19 die myocarditis veroorzaakt, myocardischemie veroorzaakt door verschillende etiologieën en overbelasting van het hart secundair aan pulmonale of systemische hypertensie kunnen leiden tot hartritmestoornissen. Hypoxemie veroorzaakt door diffuse pneumonie, ARDS of uitgebreide longembolie vormen extra-cardiale oorzaken van ritmestoornissen. Elektrolytenonevenwichtigheden, intravasculaire vochtonevenwichtigheid en bijwerkingen van farmacologische regimes kunnen ook leiden tot ritmestoornissen bij COVID-19-patiënten. Patiënten die werden opgenomen op IC's blijken een hogere toename van hartritmestoornissen te hebben, 16,5% in één onderzoek [120]. Hoewel er in de literatuur geen correlatie is beschreven tussen EMF's en hartritmestoornissen bij COVID-19-patiënten, zijn veel IC's uitgerust met draadloze patiëntbewakingsapparatuur en communicatieapparaten die een breed scala aan EMF-verontreiniging produceren [121].

COVID-19 patiënten vertonen vaak verhoogde waarden van cardiaal troponine, wat duidt op schade aan de hartspier [122]. Hartschade wordt in verband gebracht met hartritmestoornissen en een verhoogde mortaliteit. Men denkt dat hartschade vaker secundair is aan longemboli en virale sepsis, maar directe infectie van het hart, dat wil zeggen myocarditis, kan optreden door directe virale binding aan ACE2-receptoren op hartpericyten, waardoor de lokale en regionale doorbloeding van het hart wordt beïnvloed [60].

Activering van het immuunsysteem samen met veranderingen in het immuunsysteem kunnen leiden tot instabiliteit en kwetsbaarheid van atherosclerotische plaque (aderverkalking), dat wil zeggen een verhoogd risico op trombusvorming, en bijdragen

aan de ontwikkeling van acute coronaire voorvallen en hart- en vaatziekten bij COVID-19.

Met betrekking tot de bio-effecten van WCR-blootstelling, beoordeelde Christopher Dodge van de Biosciences Division, U.S. Naval Observatory in Washington DC, in 1969 54 artikelen en rapporteerde dat radiofrequente straling alle belangrijke systemen van het lichaam nadelig kan beïnvloeden, waaronder het belemmeren van de bloedsomloop, het veranderen van de bloeddruk en hartslag, het beïnvloeden van elektrocardiografische metingen en het veroorzaken van pijn op de borst en hartkloppingen [123]. In de jaren 1970 beoordeelde Glaser meer dan 2000 publicaties over bio-effecten van blootstelling aan radiofrequente straling en concludeerde dat microgolffstraling het elektrocardiogram kan veranderen, pijn op de borst, hypercoagulatie, trombose en hypertensie kan veroorzaken naast myocardinfarct [27,28]. Beroertes, convulsies en verandering van de respons van het autonome zenuwstelsel (verhoogde sympathische stressrespons) zijn ook waargenomen.

Sindsdien hebben veel andere onderzoekers geconcludeerd dat blootstelling aan WCR het cardiovasculaire systeem kan beïnvloeden. Hoewel de aard van de primaire respons op millimetergolven en de daaropvolgende gebeurtenissen slecht worden begrepen, is er een mogelijke rol voor receptorstructuren en neurale paden in de ontwikkeling van continue millimetergolf-geïnduceerde aritmie voorgesteld [47]. In 1997 werd in een overzicht gemeld dat sommige onderzoekers cardiovasculaire veranderingen, waaronder hartritmestoornissen, bij mensen ontdekten als gevolg van langdurige blootstelling op laag niveau aan WCR, waaronder microgolven [124]. De literatuur toont echter ook enkele onbevestigde bevindingen en enkele tegenstrijdige bevindingen [125]. Havas et al. [126] rapporteerden dat menselijke proefpersonen in een gecontroleerde, dubbelblinde studie hyperreactief waren bij blootstelling aan 2,45 GHz, digitaal gepulseerde (100 Hz) microgolffstraling, waarbij ze ofwel een ritmestoornis of tachycardie ontwikkelden en upregulatie van het sympathische zenuwstelsel, dat wordt geassocieerd met de stressrespons. Saili et al. [127] vonden dat blootstelling aan Wi-Fi (2,45 GHz gepulseerd bij 10 Hz) invloed heeft op het hartritme, de bloeddruk en de werkzaamheid van catecholamines op het cardiovasculaire systeem, wat aangeeft dat WCR direct en/of indirect kan inwerken op het cardiovasculaire systeem.

Recentelijk presenteerden Bandara en Weller [91] bewijs dat mensen die in de buurt van radarinstallaties wonen (millimetergolven: 5G-frequenties) een groter risico lopen om kanker te krijgen en een hartaanval te krijgen. Op dezelfde manier hebben mensen die beroepshalve worden blootgesteld een groter risico op coronaire hartziekten. Microgolffstraling beïnvloedt het hart en sommige mensen zijn kwetsbaarder als ze een onderliggende hartafwijking hebben [128]. Recenter onderzoek suggereert dat millimetergolven rechtstreeks inwerken op de pacemakercellen van de sinoatriale knoop van het hart om de slagfrequentie te veranderen, wat aan de basis kan liggen van ritmestoornissen en andere hartproblemen [47].

Kortom, zowel blootstelling aan COVID-19 als aan WCR kan direct en/of indirect van invloed zijn op het hart en het cardiovasculaire systeem.

4. Discussie

Epidemiologen, waaronder die van het CDC, houden rekening met meerdere causale factoren bij het evalueren van de virulentie van een ziekteverwekker en het begrijpen van zijn vermogen om zich te verspreiden en ziekte te veroorzaken. De belangrijkste variabelen zijn omgevingsfactoren en de gezondheidsstatus van de gastheer. Bewijsmateriaal uit de hier samengevatte literatuur suggereert een mogelijk verband tussen verschillende nadelige gezondheidseffecten van blootstelling aan WCR en het klinische verloop van COVID-19, in die zin dat WCR de COVID-19-pandemie kan hebben verergerd door de gastheer te verzwakken en de COVID-19-ziekte te verergeren. Geen van de hier besproken waarnemingen bewijst dit verband echter. Het bewijsmateriaal bevestigt met name het oorzakelijk verband niet. Het is duidelijk dat COVID-19 voorkomt in regio's met weinig draadloze communicatie. Bovendien is de relatieve morbiditeit veroorzaakt door WCR-blootstelling bij COVID-19 onbekend.

We erkennen dat veel factoren het verloop van de pandemie hebben beïnvloed. Voordat beperkingen werden opgelegd, vergemakkelijkten reispatronen de verspreiding van het virus, waardoor het virus zich in een vroeg stadium snel over de hele wereld verspreidde. De bevolkingsdichtheid, de hogere gemiddelde leeftijd van de bevolking en sociaaleconomische factoren hebben de vroege verspreiding van het virus zeker beïnvloed. Luchtvervuiling, vooral fijnstof PM2.5 (2,5 microdeeltjes), verhoogde waarschijnlijk de symptomen bij patiënten met een COVID-19 longziekte [129].

We veronderstellen dat WCR mogelijk heeft bijgedragen tot de vroege verspreiding en ernst van COVID-19. Zodra een agens zich vestigt in een gemeenschap, neemt zijn virulentie toe [130]. Deze veronderstelling kan worden toegepast op de COVID-19 pandemie. We vermoeden dat "hot spots" van de ziekte die zich aanvankelijk over de wereld verspreidden, misschien werden aangewakkerd door vlieggreizen, die in sommige gebieden werden geassocieerd met de implementatie van 5G. Maar toen de ziekte eenmaal was ingeburgerd in die gemeenschappen, kon ze zich gemakkelijker verspreiden naar naburige regio's waar de bevolking minder was blootgesteld aan WCR. Tweede en derde golven van de pandemie verspreidden zich op grote schaal in gemeenschappen met en zonder WCR, zoals te verwachten was.

De COVID-19-pandemie heeft ons de gelegenheid geboden om de mogelijke schadelijke effecten van WCR-blootstelling op de menselijke gezondheid nader te onderzoeken. Als "neveneffect" van de pandemie is de blootstelling van mensen aan WCR in de omgeving in 2020 aanzienlijk toegenomen. Thuisblijfmaatregelen om de verspreiding van COVID-19 tegen te gaan, leidden onbedoeld tot een grotere blootstelling van het publiek aan WCR, aangezien mensen meer zakelijke en schoolgerelateerde activiteiten uitvoerden via draadloze communicatie. Telegeneeskunde creëerde een andere bron van blootstelling aan WCR. Zelfs ziekenhuispatiënten, in het bijzonder IC-patiënten, ondervonden een verhoogde blootstelling aan WCR omdat nieuwe bewakingsapparatuur gebruik maakte van draadloze communicatiesystemen die gezondheidsproblemen kunnen verergeren. Het zou waardevolle informatie kunnen opleveren om de energiedichtheid van omgevings-WCR in thuis- en werkomgevingen te meten bij het vergelijken van de ernst van ziekten in patiëntenpopulaties met vergelijkbare risicofactoren.

De vraag naar het oorzakelijk verband zou in toekomstige studies kunnen worden onderzocht. Er zou bijvoorbeeld een klinische studie kunnen worden uitgevoerd bij COVID-19 patiëntenpopulaties met vergelijkbare risicofactoren om de dagelijkse WCR-dosis bij COVID-19 patiënten te meten en te kijken of er een verband is met de ernst van de ziekte en de progressie in de loop van de tijd. Aangezien de draaggolffrequenties en modulaties van draadloze apparaten kunnen verschillen en de vermogensdichtheid van WCR constant fluctueert op een bepaalde locatie, zou deze studie vereisen dat patiënten persoonlijke microgolfdosimeters (meetbadges) dragen. Daarnaast kunnen gecontroleerde laboratoriumstudies worden uitgevoerd op dieren, bijvoorbeeld gehumaniseerde muizen die zijn geïnfecteerd met SARS-CoV-2, waarbij groepen dieren die zijn blootgesteld aan minimale WCR (controlegroep) en aan gemiddelde en hoge vermogensdichtheden van WCR kunnen worden vergeleken voor de ernst en progressie van de ziekte.

Een grote kracht van dit document is dat het bewijs berust op een grote hoeveelheid wetenschappelijke literatuur die door vele wetenschappers wereldwijd en gedurende tientallen jaren is gerapporteerd - experimenteel bewijs van schadelijke bio-effecten van blootstelling aan WCR op niet-thermische niveaus op mensen, dieren en cellen. Het Bioinitiative Report [42], geactualiseerd in 2020, geeft een samenvatting van honderden collegiaal getoetste wetenschappelijke artikelen waarin bewijs wordt gedocumenteerd van niet-thermische effecten van blootstellingen ≤ 1 mW/cm². Toch hebben sommige laboratoriumstudies naar de schadelijke gezondheidseffecten van WCR soms gebruik gemaakt van vermogensdichtheden van meer dan 1mW/cm². In dit artikel bevatten bijna alle studies die we bekeken experimentele gegevens bij vermogensdichtheden ≤ 1 mW/cm².

Een mogelijk punt van kritiek op dit artikel is dat schadelijke bio-effecten van niet-thermische blootstellingen nog niet algemeen aanvaard zijn in de wetenschap. Bovendien wordt er in veel landen nog geen rekening mee gehouden bij het vaststellen van het volksgezondheidsbeleid. Tientallen jaren geleden verzamelden Russen en Oost-Europeanen aanzienlijke gegevens over niet-thermische bio-effecten en stelden vervolgens richtlijnen op voor lagere blootstellingslimieten aan radiofrequente straling dan de VS en Canada, dat wil zeggen onder de niveaus waar niet-thermische effecten worden waargenomen. De richtlijnen van de Federal Communications Commission (FCC, een Amerikaanse overheidsinstantie) en de ICNIRP werken echter met thermische limieten die gebaseerd zijn op verouderde gegevens van tientallen jaren geleden, waardoor het publiek kan worden blootgesteld aan aanzienlijk hogere vermogensdichtheden van radiofrequente straling. Met betrekking tot 5G beweert de telecommunicatie-industrie dat het veilig is omdat het voldoet aan de huidige richtlijnen voor blootstelling aan radiofrequente straling van de FCC en ICNIRP. Deze richtlijnen werden opgesteld in 1996 [131], zijn verouderd en zijn geen veiligheidsnormen. Er zijn dus geen universeel aanvaarde veiligheidsnormen voor blootstelling aan straling van draadloze communicatie. Onlangs hebben internationale instanties, zoals de EMF Working Group van de European Academy of Environmental Medicine, veel lagere richtlijnen voorgesteld, rekening houdend met niet-thermische bio-effecten van blootstelling aan WCR in meerdere bronnen [132].

Een ander zwak punt van dit artikel is dat sommige bio-effecten van blootstelling aan WCR inconsistent worden gerapporteerd in de literatuur. Herhaalde studies zijn vaak

geen echte herhalingen. Kleine verschillen in methode, met inbegrip van niet-gerapporteerde details, zoals de voorafgaande geschiedenis van blootstelling van de organismen, niet-uniforme blootstelling van het lichaam en andere variabelen kunnen leiden tot onbedoelde inconsistentie. Bovendien is het niet verrassend dat onderzoeken gesponsord door de industrie minder nadelige bio-effecten laten zien dan onderzoeken uitgevoerd door onafhankelijke onderzoekers, wat duidt op een vertekening door de industrie [133]. Sommige experimentele studies die niet door de industrie gesponsord worden, hebben ook geen bewijs van schadelijke effecten van blootstelling aan WCR aangetoond. Het is echter opmerkelijk dat onderzoeken met echte WCR-blootstellingen van commercieel verkrijgbare apparaten een hoge consistentie vertonen in het aantonen van schadelijke effecten [134].

De biologische effecten van WCR zijn afhankelijk van specifieke waarden van golfparameters zoals frequentie, vermogensdichtheid, polarisatie, blootstellingsduur, modulatiekenmerken, evenals de cumulatieve blootstellingsgeschiedenis en achtergrondniveaus van elektromagnetische, elektrische en magnetische velden. In laboratoriumstudies zijn waargenomen bio-effecten ook afhankelijk van genetische parameters en fysiologische parameters zoals zuurstofconcentratie [135]. De reproduceerbaarheid van bio-effecten van blootstelling aan WCR is soms moeilijk geweest omdat niet al deze parameters werden gerapporteerd en/of gecontroleerd. Net als bij ioniserende straling kunnen de bio-effecten van WCR-blootstelling worden onderverdeeld in deterministische, dat wil zeggen dosisafhankelijke effecten en stochastische effecten die schijnbaar willekeurig zijn. Belangrijk is dat er bij WCR-bio-effecten ook sprake kan zijn van "responsvensters" van specifieke parameters waarbij extreem lage velden onevenredig nadelige effecten kunnen hebben [136]. Deze niet-lineariteit van WCR bio-effecten kan resulteren in bifasische reacties zoals immuunsuppressie van één bereik van parameters, en immuun hyperactivatie van een ander bereik van parameters, wat leidt tot variaties die inconsistent kunnen lijken.

Bij het verzamelen van rapporten en het onderzoeken van bestaande gegevens voor dit artikel hebben we gezocht naar uitkomsten die bewijs leveren ter ondersteuning van een voorgesteld verband tussen de biologische effecten van blootstelling aan WCR en COVID-19. We hebben geen poging gedaan om het bewijs te wegen. De literatuur over blootstelling aan radiofrequente straling is uitgebreid en bevat momenteel meer dan 30.000 onderzoeksrapporten die enkele decennia teruggaan. Inconsistenties in nomenclatuur, rapportage van details en catalogisering van trefwoorden maken het moeilijk om door deze enorme literatuur te navigeren.

Een andere tekortkoming van dit artikel is dat we geen toegang hebben tot experimentele gegevens over 5G-blootstellingen. In feite is er weinig bekend over de blootstelling van de bevolking aan WCR in de echte wereld, waaronder blootstelling aan WCR-infrastructuur en de overvloed aan WCR-apparaten. In verband hiermee is het moeilijk om de gemiddelde vermogensdichtheid op een bepaalde locatie nauwkeurig te kwantificeren, omdat deze sterk varieert, afhankelijk van de tijd, de specifieke locatie, het interval tussen de tijdgemiddelden, de frequentie en het modulatieschema. Voor een specifieke gemeente hangt het af van de antennedichtheid, welke netwerkprotocollen worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld 2G, 3G, 4G, 5G, Wi-Fi, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), DECT (Digitally Enhanced Cordless Telecommunications) en RADAR (Radio Detection and Ranging). Er is ook WCR van

alomtegenwoordige zenders van radiogolven, waaronder antennes, basisstations, slimme meters, mobiele telefoons, routers, satellieten en andere draadloze apparaten die momenteel in gebruik zijn. Al deze signalen vormen samen de totale gemiddelde vermogensdichtheid op een bepaalde locatie, die meestal sterk fluctueert in de tijd. Er zijn geen experimentele studies gerapporteerd over nadelige gezondheidseffecten of veiligheidsproblemen van 5G en de industrie heeft er momenteel ook geen gepland, hoewel dit hard nodig is.

Tot slot is er een inherente complexiteit aan WCR die het erg moeilijk maakt om draadloze signalen in de echte wereld die geassocieerd kunnen worden met schadelijke bio-effecten, volledig te karakteriseren. Digitale communicatiesignalen in de echte wereld, zelfs van afzonderlijke draadloze apparaten, hebben zeer variabele signalen: variabele vermogensdichtheid, frequentie, modulatie, fase en andere parameters die elk moment constant en onvoorspelbaar veranderen, zoals geassocieerd wordt met de korte, snelle pulsen die gebruikt worden in digitale draadloze communicatie [137]. Bijvoorbeeld, bij het gebruik van een mobiele telefoon tijdens een typisch telefoongesprek varieert de intensiteit van de uitgezonden straling elk moment aanzienlijk, afhankelijk van onder andere de signaalontvangst, het aantal abonnees dat de frequentieband deelt, de locatie binnen de draadloze infrastructuur, de aanwezigheid van voorwerpen en metalen oppervlakken, en de modus "spreken" versus "niet-spreken". Dergelijke variaties kunnen 100% van de gemiddelde signaalintensiteit bereiken. De radiofrequentie van de draaggolf verandert voortdurend tussen verschillende waarden binnen de beschikbare frequentieband. Hoe groter de hoeveelheid informatie (tekst, spraak, internet, video, enz.), hoe complexer de communicatiesignalen worden. Daarom kunnen we de waarden van deze signaalparameters, inclusief ELF-componenten, niet nauwkeurig schatten of hun variabiliteit in de tijd voorspellen. Daarom kunnen studies naar de bio-effecten van WCR in het laboratorium alleen representatief zijn voor blootstellingen in de echte wereld [137].

Dit artikel wijst op de noodzaak van verder onderzoek naar niet-thermische WCR-blootstelling en de mogelijke rol ervan in COVID-19. Bovendien zijn enkele van de bio-effecten van blootstelling aan WCR die we hier bespreken - oxidatieve stress, ontsteking en verstoring van het immuunsysteem - veelvoorkomend bij veel chronische ziekten, waaronder auto-immuunziekten en diabetes. We veronderstellen dus dat blootstelling aan WCR ook een potentiële factor kan zijn die bijdraagt aan veel chronische ziekten.

Wanneer een bepaalde handeling het risico op schade aan de menselijke gezondheid met zich meebrengt, moeten er voorzorgsmaatregelen worden genomen, zelfs als er nog geen duidelijk oorzakelijk verband is vastgesteld. Daarom moeten we het voorzorgsprincipe [138] toepassen op draadloze 5G. De auteurs dringen er bij beleidsmakers op aan om onmiddellijk een wereldwijd moratorium (tijdelijke opschorting) op draadloze 5G-infrastructuur in te stellen totdat de veiligheid ervan kan worden gegarandeerd.

Verschillende onopgeloste veiligheidskwesties moeten worden aangepakt voordat draadloze 5G verder wordt geïmplementeerd. Er zijn vragen gesteld over 60 GHz, een belangrijke 5G-frequentie die gepland staat voor grootschalig gebruik, wat een resonantiefrequentie is van het zuurstofmolecuul [139]. Het is mogelijk dat er nadelige

bio-effecten ontstaan door zuurstofabsorptie van 60 GHz. Bovendien vertoont water brede absorptie in het GHz-spectrumgebied samen met resonantiepieken, bijvoorbeeld sterke absorptie bij 2,45 GHz dat wordt gebruikt in 4G Wi-Fi-routers. Dit werpt veiligheidsvragen op over GHz-blootstelling van de biosfeer, aangezien organismen voor het grootste deel uit water bestaan, en er veranderingen in de structuur van water als gevolg van GHz-absorptie zijn gerapporteerd die van invloed zijn op organismen [140]. De biologische effecten van langdurige blootstelling van het hele lichaam aan WCR moeten worden onderzocht in dier- en mensstudies en er moeten richtlijnen voor langdurige blootstelling worden overwogen. Onafhankelijke wetenschappers zouden met name gezamenlijk onderzoek moeten doen naar de biologische effecten van blootstelling aan WCR-frequenties met digitale modulatie van de vele draadloze communicatieapparatuur in de echte wereld. De tests zouden ook blootstelling aan meerdere toxines (chemische en biologische) kunnen omvatten [141], omdat meerdere toxines tot synergetische effecten kunnen leiden. Milieueffectbeoordelingen zijn ook nodig. Zodra de biologische langetermijneffecten van draadloze 5G bekend zijn, kunnen we duidelijke veiligheidsnormen opstellen voor de blootstelling van het publiek en een geschikte strategie ontwerpen voor een veilige toepassing.

5. Conclusie

Er is een aanzienlijke overlap in pathobiologie tussen blootstelling aan COVID-19 en WCR. Het hier gepresenteerde bewijs geeft aan dat mechanismen die betrokken zijn bij de klinische progressie van COVID-19 volgens experimentele gegevens ook gegenereerd zouden kunnen worden door blootstelling aan WCR. Daarom stellen we een verband voor tussen schadelijke bio-effecten van blootstelling aan WCR van draadloze apparatuur en COVID-19.

Specifiek ondersteunt het hier gepresenteerde bewijs de vooronderstelling dat WCR en in het bijzonder 5G, dat een verdichting van 4G inhoudt, de COVID-19 pandemie kan hebben verergerd door de immuniteit van de gastheer te verzwakken en de virulentie van SARS-CoV-2 te verhogen door (1) morfologische veranderingen in erythrocyten te veroorzaken, waaronder de vorming van echinocyten en rouleaux die mogelijk bijdragen aan hypercoagulatie; (2) de microcirculatie te belemmeren en het erythrocyten- en hemoglobinegehalte te verlagen, waardoor de hypoxie verergert; (3) het versterken van immuundefunctie, waaronder immunosuppressie, autoimmunitet en hyperinflammatie; (4) het verhogen van cellulaire oxidatieve stress en de productie van vrije radicalen die vasculaire schade en orgaanschade verergeren; (5) het verhogen van intracellulair Ca^{2+} dat essentieel is voor virusintrede, replicatie en afgifte, naast het bevorderen van pro-inflammatoire paden; en (6) het verergeren van hartritmestoornissen en hartaandoeningen.

Blootstelling aan WCR is een wijdverspreide, maar vaak verwaarloosde milieustressor die een breed scala aan nadelige bio-effecten kan veroorzaken. Al tientallen jaren benadrukken onafhankelijke wetenschappers wereldwijd de gezondheidsrisico's en cumulatieve schade veroorzaakt door WCR [42,45]. Het hier gepresenteerde bewijs is consistent met een groot aantal gevestigde onderzoeken. Gezondheidswerkers en beleidsmakers moeten WCR beschouwen als een potentieel toxische milieustressor. Aan alle patiënten en de bevolking in het algemeen moeten methoden worden aangeboden om de blootstelling aan WCR te verminderen.

Erkenningen

De auteurs zijn Magda Havas en Lyn Patrick erkentelijk voor hun kleine bijdragen aan vroege versies van dit artikel. We zijn Susan Clarke dankbaar voor nuttige discussies en voorgestelde bewerkingen van vroege versies van het manuscript.

Belangenverstrengeling

De auteurs verklaren dat ze geen belangenconflicten hebben bij het voorbereiden en publiceren van dit manuscript. Er zijn geen concurrerende financiële belangen.

Referenties

- [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 5th 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, Moshhammer 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 3×10^{-3} W/cm² 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. *Gigiyna 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 Patients. *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. [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, Mysliwiec P, Luba M, Wojskowicz P, Mysliwiec 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, Filippetis 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 Ca²⁺ in Oxidant-Induced NF- κ B 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 PM2.5 and NO2: 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]