

# Nebezpečí vystavení dětí elektrickým, magnetickým a elektromagnetickým polím. Životní prostředí a zdraví – jaké jsou perspektivy?

**Prof. Dr. med. Michael Kundi**

**Ing. Dr. med. Hans-Peter Hutter**

*Oddělení pro hygienu a medicínu životního prostředí,  
Lékařská univerzita ve Vídni, Rakousko*

*V roce 1979 publikovali Wertheimer a Leeper svoji studii ohledně souvislosti mezi expozicí nízkofrekvenčním magnetickým polím a onkologickým onemocněním dětí. Od té doby se neustále diskutuje o tom, zda jsou děti ohroženy dlouhodobým vystavením nízkým intenzitám elektrického, magnetického a elektromagnetického pole. Ačkoli pro úplné zmapování mechanismu expozic organismu nízkofrekvenčním i vysokofrekvenčním polím a dlouhodobé důsledky těchto expozic máme k dispozici jen některé podklady, epidemiologické důkazy ukazují, že existují rizika, například s ohledem na riziko vzniku leukémie u dětí, ale také další rizika, kterým při současných mezních hodnotách nelze zabránit. U vysokofrekvenčních polí při mobilní komunikaci by zvýšené riziko mozkových nádorů mohlo existovat již v dětském věku, ale také expozice matky během těhotenství, jak se zdá, může mít dopad na vývoj dítěte. Vzhledem k tomu, že organismus, který se nachází ve vývoji, je většinou náchylnější k poruchám, může být vnitřní expozice vyšší, a je třeba zvážit velikost celoživotní expozice. U dětí by proto bylo vhodné zvýšit obezřetnost, pokud se týká jejich vystavení působení elektromagnetických polí. Jak však ukazují fakta, není tomu tak a děti a mladiství vykazují velmi vysoký rozsah využívání bezdrátových technologií. Je třeba naléhavě vyvinout úsilí ke snížení expozice dětí.*

**Klíčová slova:** děti, elektromagnetická pole, magnetická pole, zdravotní rizika

## Úvod

V roce 2019 uplynulo 40 let od publikace Nancy Wertheimerové a Eda Leepera o souvislosti mezi zdroji energie a onkologickými onemocněními dětí. Tento článek, který byl zveřejněn v renomovaném vědeckém časopise American Journal of Epidemiology, vyvolal na jedné straně útoky sektoru elektrické energie na autory, ale také otevřel nové pole výzkumu. Ačkoli přínosy elektrické energie jsou nesporné, již od ekonomické války mezi Edisonem a Westinghouse, kdy šlo o otázku, zda by měl být elektrický proud dodáván jako stejnosměrný nebo střídavý proud, existovaly obavy z nebezpečí, která se skrývají v této technologii.

Interakce mezi elektrickými, magnetickými a elektromagnetickými poli a organismem byla zkoumána již od konce 19. století. Bylo zjištěno, že statická elektrická pole nemohou pronikat do organismu, protože tělo je vodič a vodiče uvnitř neobsahují elektrické pole. Je to důsledek skutečnosti, že po jeho povrchu dochází k posunu nábojů, které vnější pole kompenzují. Pokud elektrické pole osciluje s nízkou frekvencí, pak

posunující se náboje, které díky tomu rovněž oscilují, vyvolají v souladu s Maxwellovými rovnicemi magnetické pole. Toto magnetické pole pak proniká bez překážek do organismu, ale je velmi slabé ve srovnání s vnějšími magnetickými poli, které vznikají střídavým proudem.

Magnetická pole pronikají do organismu prakticky neomezeně a působí silovými účinky na pohybující se náboje. Pokud magnetické pole osciluje s nízkou frekvencí, jsou indukovány vířivé proudy, které mohou vést k účinkům na buňky a buněčné struktury v organismu. Organismus sám generuje proudy prostřednictvím svalové a nervové aktivity, ale ty se zásadně liší od vnějších polí, indukovaných technickými zařízeními v tom, že tato vnější pole jsou polarizovaná (PANAGOPOULOS et al., 2015). Čím vyšší je kmitočet střídavého pole, tím spíše se může odpojit od zdroje tohoto pole. Pokud je vlnová délka tak malá, že se pole odpojí od zdroje, kde oscilují náboje, pak se magnetické a elektrické pole navzájem propojí působením impedance prostoru a lze mluvit o elektromagnetickém poli.

Akutní působení elektrických, magnetických a elektromagnetických polí na organismus byly již dlouho známy a převládá názor, že údajně stačí ochrana před těmito bezprostředními účinky. Výsledky studie Wertheimerové a Leepera však přinesly otázku, zda neexistují také dlouhodobé následky expozice, které by mohly vzniknout při mnohem nižších intenzitách pole. Tento spor trvá dodnes.

Pokud však existují dlouhodobé účinky, dojde na úplně jiné otázky. A v takovém případě musí být děti posuzovány odděleně. Má to několik důvodů: za prvé, děti, když jsou vystaveny expozici, mají větší šanci během svého života překročit práh toxického působení. Za druhé, organismus nacházející se ve vývoji je často mimořádně ohrožen a zatřetí je možné, že za stejných vnějších podmínek se vnitřní expozice v dětském organismu může lišit od expozice dospělých.

## Nízkofrekvenční magnetické pole

Vždy, když proudí elektrina, vzniká magnetické pole. Proto je třeba v blízkosti vedení počítat s magnetickým polem. Trvalá, relativně vysoká magnetická pole lze zjistit v domácnostech, zejména v blízkosti vedení vysokého napětí a transformátorových stanic. Hovoříme o nízkofrekvenčním magnetickém poli (ELF-MF = magnetické pole o extrémně nízké frekvenci). Také určité typy kabeláže s velkým rozestupem vodičů mohou generovat vyšší intenzitu pole. Wertheimerová a Leeper ve své průlomové práci zohlednili kabeláž a také provedli měření.

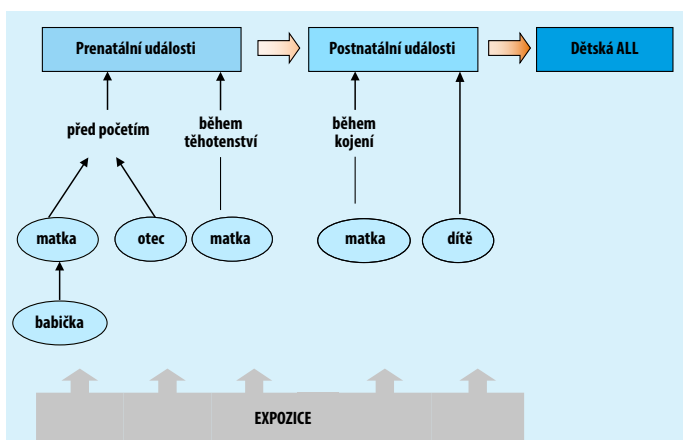
V následujících letech existoval velký počet dalších studií, zejména souvislosti mezi dětskou leukémií a expozicí magnetickému poli. Přitom byly stále častěji prováděny studie, které uskutečnily měření hustoty magnetického toku v přirozeném prostředí dětí. Zpočátku se zdálo, že výzkum zkoumající kabelový kód jako prediktor expozice magnetickému poli zjistil větší souvislost než výzkum, který měřil samotné magnetické pole. Hovořilo se o paradoxu kabelového kódu. Z objektivního hlediska by to nebyl v žádném případě paradox, protože je třeba vzít v úvahu, že mapování expozice probíhalo retrospektivně,



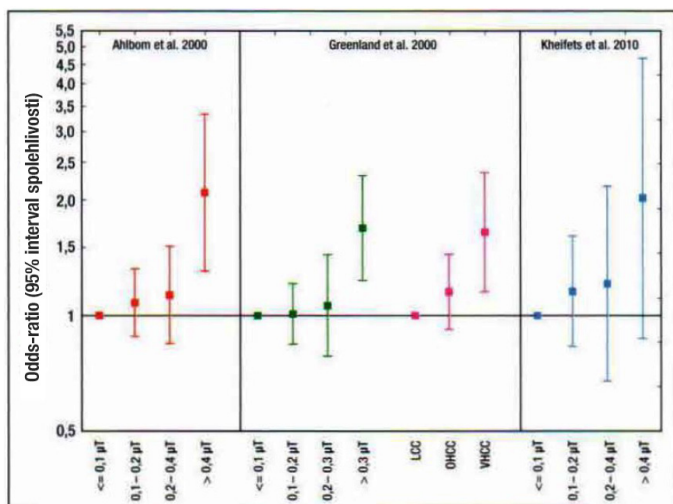
až poté, co děti již onemocněly leukémií. Tato následná situace, která je vlastně evidována, nemůže být příčinou nemoci, a aby bylo možné tato měření vůbec použít, je třeba předpokládat, že zobrazuje etiologicky relevantní fázi, která existovala před a případně krátce po narození dítěte. Protože se kabelový kód mění mnohem méně než hodnoty hustoty magnetického toku, mohl by být tím lepším prediktorem. Později se však ukázalo, že obě metody jsou ve stejné míře vhodné pro detekci zvýšeného rizika. Dětská leukémie je nejčastějším onkologickým onemocněním v dětském věku. Na rozdíl od leukémie v dospělosti, u níž je nejčastější formou akutní myeloidní leukémie (AML), vyskytuje se v dětském věku zejména u dětí mladších 6 let nejčastěji akutní lymfoblastická leukémie (ALL). U této formy leukémie se předpokládá, že již během prenatálního období došlo k první genetické lézi. Postižený buněčný klon pak potřebuje k vyvolání klinického obrazu leukémie pouze jednu genetickou událost (GREAVES 2003). Expozice magnetickému poli elektrického proudu může být v souvislosti s již první genetickou událostí před narozením, často ve spojení s výskytem fúzního genu. V podstatě by k primární lézi mohlo dojít vlivem expozice babičky, když byla těhotná s matkou postiženého dítěte (viz obr. 1). Existují však určité důkazy, že expozice magnetickému poli spíše zvyšuje pravděpodobnost druhé léze.

Četné epidemiologické studie, které byly zveřejněny po publikaci Wertheimerové a Leepera, nemohly dlouho uspokojivě objasnit otázku souvislosti, protože výsledky byly zdánlivě protichůdné. V roce 2000 vyšly pak dvě poolované analýzy, jedna z Karolinska Institut ve Švédsku (AHLBOM et al., 2000) a druhá z Kalifornie z UCLA (GREENLAND et al., 2000), které shrnuly údaje z téměř všech doposud provedených studií a při překročení 0,4, respektive 0,3  $\mu\text{T}$  zjistily statisticky významné zvýšení rizika na cca dvojnásobek ve srovnání s dětmi, které byly exponovány pod 0,1  $\mu\text{T}$  ( $T = \text{Tesla}$ , jednotka magnetické indukce). Greenland et al. (2000) prohlásili tzv. paradox kabelového kódu za neexistující, protože jak studie založené na skutečných měřeních, tak i studie využívající kabelový kód ukázaly zvýšené riziko (viz obr. 2). Na základě těchto výsledků bylo Mezinárodní agenturou pro výzkum onkologických onemocnění (IARC) WHO magnetické pole zdroje energie klasifikováno jako potenciálně karcinogenní (IARC 2002).

Je jasné, že tato klasifikace dala podnět k rozsáhlé diskuzi o tom, jak by se mělo postupovat v oblasti prevence. Vyhodnocení IARC bylo v rozporu s postojem jiné instituce WHO, Mezinárodního projektu EMF, který od samého začátku popíral dlouhodobé účinky magnetických polí. V zdravotním kritériu 238 WHO pro životní prostředí (WHO 2007),



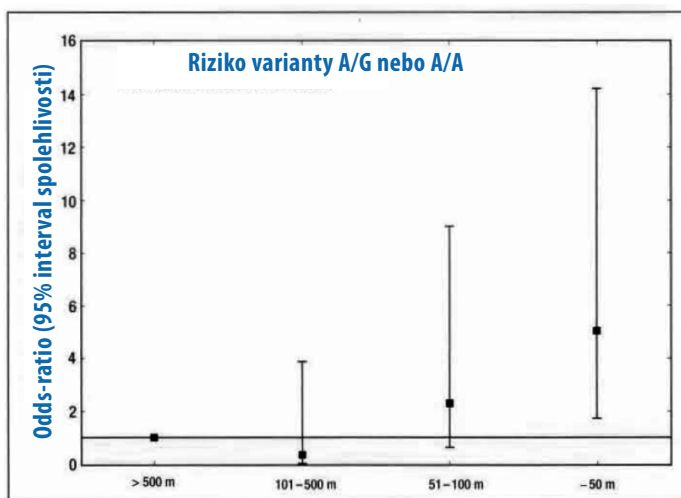
Obr. 1: Schéma možného ovlivnění rizika dětské akutní lymfoblastické leukémie (ALL) expozicí. V zásadě je jako ovlivňující faktor možný účinek expozice babičky během těhotenství s matkou dítěte (podle GREAVES 2003).



Obr. 2: Výsledky souhrnné analýzy údajů ze studií souvislosti mezi expozicí magnetického pole a dětskou leukémií od Ahlbom et al. (2000) a Greenland et al. (2000) a Kheifets et al. (2010), která předložila souhrnnou analýzu studií, jež byly zveřejněny po analýzách z roku 2000.

„Extrémně nízkofrekvenční pole“, bylo zaujato následující stanovisko: „Kromě toho, vzhledem k slabosti důkazů o souvislosti mezi expozicí magnetickým polem ELF a dětské leukémií a omezenému dopadu na veřejné zdraví, existuje-li souvislost, nejsou přínosy snížení expozice pro zdraví jasné. Náklady na preventivní opatření by tedy měly být velmi nízké“ (s.13). To, že pouze preventivní opatření, která generují nízké náklady, jsou opodstatněná, je politické prohlášení, které přesahuje pravomoci zdravotnické organizace a jasně ilustruje, jak jsou věda a politika v této otázce vzájemně propojeny, přičemž samozřejmě hrají roli ekonomické zájmy v pozadí.

Pokud se tážeme na vědecký základ uvedeného doporučení, zjistíme, že je velmi křehký. V zásadě je založen na třech vyhodnoceních. Zprv, že je otázka mechanismu účinku údajně nejasná, zadruhé, že



Obr. 3: Míra polymorfismu A/G nebo A/A v genu XRCC1 pro opravu DNA je tím vyšší, čím blíže žilo dítě trpící leukémií v vedení vysokého napětí nebo u transformátorové stanice (YANG et al., 2008).

studie na zvířatech jsou prý rozporuplné, a zatřetí, že relevantní expozice jsou údajně natolik vzácné, že počet přiřaditelných případů, tj. těch případů leukémie, které jsou považovány za způsobené magnetickým polem, je malý. Všechna tato vyhodnocení jsou problematická.

Mechanismus působení sice nebyl podrobně popsán, ale některými důležitými prvky by mohl dosavadní výzkum přispět. Extrémně nízkofrekvenční magnetické pole (ELF-MF) může indukovat reaktivní kyslíkové sloučeniny (ROS) (např. BULDAK et al., 2012; KOYAMA et al., 2008; MADJID ANSAAI et al., 2016; YOKUS et al., 2008). Expozice ELF-MF však může také jinými faktory redukovat vytváření ROS, což může částečně vysvětlit rozpory ve studiích. Porucha homeostázy vápníku je známa od počátku sedmdesátých let minulého století (BAWIN, ADEY 1976, BLACKMAN et al., 1980). V této souvislosti by mohly hrát klíčovou roli interakce s iontovými kanály buněk ovládanými napětím (např. PALL 2013; PIACENTINI et al., 2008). Tyto účinky jsou však závislé na frekvenci a intenzitě pole a vlastnostech buněk a tkání, proto doposud neexistuje žádný obecně akceptovaný model biologických škodlivých vlivů ELF-MF. Zdůrazňoval se též význam magnetického pole Země (například LIBOFF 1985), takže dokonce i poloha na zemském povrchu může hrát roli, protože určuje směr vektoru pole a sílu magnetického pole Země. Z principu však nemůže stačit jen mechanické vysvětlení jako argument proti preventivním opatřením. O určitých formách azbestu jsme v době, kdy byl vyhlášen zákaz, také nevěděli, jaké produkují škodlivé účinky. O působení benzenu nejsou dodnes známy všechny detaily.

Pokud je vlnová délka tak malá, že se může oddělit od zdroje a vyzářit do prostoru, pak se hovoří o elektromagnetickém poli (EMF), protože tyto dvě složky, elektrická a magnetická, už nejsou na sobě vzájemně nezávislé, ale jsou pevně na sebe navázány prostřednictvím impedance prostoru.

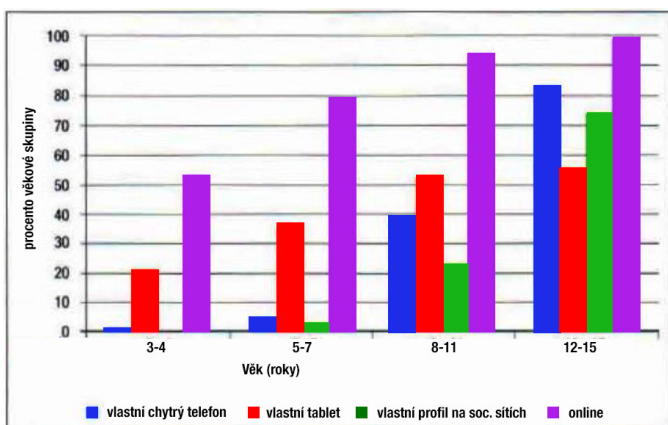
Co se týká rozporů ve výsledcích dlouhodobých pokusů na zvířatech, bylo mimořádně významné, že experimenty provedené v laboratoři Löschera (např. MEVISSSEN et al., 1998) přinesly vyšší míru rakoviny u krys vystavených působení ELF-MF a při opakování za stejných podmínek a se stejným kmenem krys v laboratoři Národního toxikologického programu (NTP 1999) dopadly negativně. Skupině Löschera se později podařilo dokázat, že rozdíly spočívají s největší pravděpodobností v genetických rozdílech použitých krys (FEDROWITZ et al., 2004). Co přesně determinuje citlivost na ELF-EMF, je známo zatím jen minimálně (viz také FEDROWITZ, LOSCHER 2012). Proto by bylo velmi důležité, a to jak z hlediska prevence, tak z důvodu vývoje mechanismu působení, věnovat pozornost interakci genu a prostředí u lidí. Zatím, pokud víme, existuje bohužel pouze jediná studie (YANG et al., 2008; viz obr. 3).

Pokud jde o počet přiřaditelných případů dětské leukémie, tak se Kheifets et al. (2006) pokusili ukázat, že celosvětově se pohybuje mezi 159 a 4327 případy, při celkové populaci téměř 2 miliardy. Takže to je méně než 2,4 případů na 1 milion dětí. To je skutečně relativně málo.



Nepředpokládalo se, že za několik málo let bude prakticky celá populace používat mobilní telefony a že způsob, jakým spolu navzájem komunikujeme, bude revolucionizován.

Autoři tohoto článku (KUNDI, HUTTIER, 2014) však upozornili na to, že tento odhad je platný pouze v případě, že měření ve výše zmíněných epidemiologických studiích mají perfektní citlivost a specifickou; tj. že nedošlo k chybnému zařazení expozice. Jak již bylo zmíněno, měření nebyla prováděna během etiologicky relevantní doby, ale teprve až po onemocnění. Chybné zařazení je tudíž velmi pravděpodobné. Za těchto předpokladů by mohl být počet onemocnění leukemií, které lze připsat expozici ELF-MF, mnohem vyšší.



Obr. 4: Využívání médií dětmi z reprezentativního průzkumu ve Spojeném království (Ofcom 2017: Children and Parents: Media Use and Attitudes Report).

Ukazuje se tedy, že předpoklady pro tvrzení, že lze doporučit pouze nízkonákladová preventivní opatření, nejsou relevantní. Naopak by se proto měly používat strategie rozumného zamezení vysoké expozici

ELF-MF. Mezi ně patří:

- vedení vysokého napětí a pokládání podzemních kabelů v maximální možné vzdálenosti od míst, kde se déle zdržují děti
- střednědobě prosazení technických norem pro elektroinstalace s nízkým magnetickým polem.

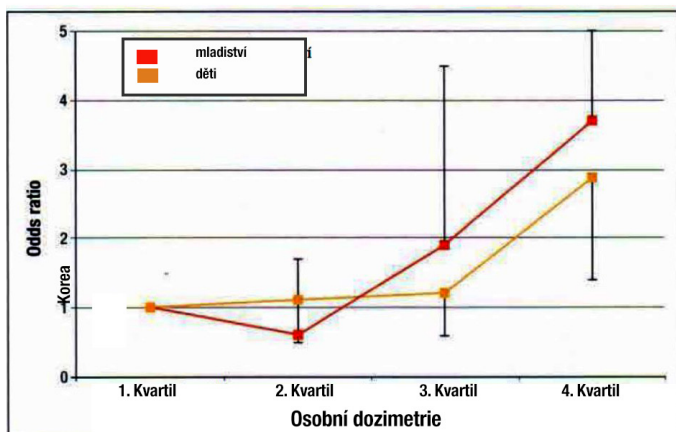
### Vysokofrekvenční elektromagnetická pole (HF-EMF)

Pokud je vlnová délka tak malá, že se může oddělit od zdroje a vyzářit do prostoru, pak se hovoří o elektromagnetickém poli (EMF), protože tyto dvě složky, elektrická a magnetická, už nejsou na sobě vzájemně nezávislé, ale jsou pevně na sebe navázány prostřednictvím impedance prostoru. Při frekvencích asi 10 MHz osciluje elektrické pole v organismu tak rychle, že již nedochází k vytváření proudu, ale ionty a polární molekuly na jejich místě přijímají kinetickou a rotační energii. Tato absorpce elektromagnetické energie se nazývá specifická absorpce (SA), míra absorpce se nazývá specifická míra absorpce (SAR). Udává, kolik energie vysokofrekvenčního EMF (HF-EMF) je na jednotku času organismem nebo částí těla absorbováno (lokální SAR) a odebráno elektrickému poli. Tato míra je úměrná druhé mocnině vnitřního elektrického pole, a tedy měřítkem přítomnosti elektrického pole v organismu. Protože zvýšení kinetické energie v organismu se makroskopicky projevuje jako zahřívání, je SAR také úměrná nárůstu teploty v tkáni nebo v celém těle. To platí však jen dočasně, protože po určité době začne působit regulace teploty organismu a vlivem toho teplota klesá. Zvýšení tělesné teploty může způsobit poškození, dokonce i termickou smrt, proto je nezbytně nutné omezit expozici, aby se zabránilo tomuto krátkodobému účinku. Ale rovněž v souvislosti s HF-EMF vyvstává otázka, zda vedle těchto účinků také existují i dlouhodobé účinky nízkých expozic, proti nimž musí být lidé chráněni. Mezní hodnoty aplikované v EU jsou převážně stanoveny k ochraně před termickými, krátkodobými účinky. Netermické a atermické účinky nejsou brány v úvahu.

Protože expozice HF-EMF relevantní intenzity bývala dříve vzácná a regionálně se vyskytovala velmi omezeně (např. v blízkosti radarových stanic a rádiových věží), veřejné zdravotnictví se s tím příliš nezabývalo. Adekvátně nízký byl počet šetření. Avšak s příchodem digitálních mobilních telefonů v 90. letech minulého století, bylo doporučeno, aby byly netermické účinky epidemiologicky a experimentálně prověřeny, protože se dalo již předpokládat, že značná část populace bude exponována poměrně vysoké intenzitě mobilních HF-EMF. Přesto se však nepředpokládalo, že za několik málo let bude prakticky celá populace používat mobilní telefony a že způsob, jakým spolu navzájem komunikujeme, bude revolucionizován.

Z reprezentativního průzkumu provedeného ve Spojeném království v roce 2017 ohledně využívání médií vyplývá dramatická změna rovněž u dětí a mladistvých (viz obr. 4). Více než 50 % dětí ve věku 3 až 4 let je již pravidelně online. Téměř 40 % dětí ve věku 8 až 11 let má svůj vlastní chytrý telefon a více než 70 % 12- až 15letých má svůj vlastní profil na sociálních sítích. V současnosti budou tato čísla ještě vyšší. Skutečnost, že s používáním chytrých telefonů, tabletů, notebooků atd. pravděpodobně souvisí nezanedbatelná expozice HF-EMF, si děti ani většina rodičů neuvědomuje.

V roce 2011 IARC klasifikovala rovněž HF-EMF jako potenciálně karcinogenní, a to hlavně na základě epidemiologických nálezů ohledně mozkových nádorů v souvislosti s používáním mobilních telefonů.



Obr. 5: Odhad relativního rizika mozkových nádorů u dětí podle délky používání mobilního telefonu (na základě údajů provozovatele sítě a vlastních údajů dětí) z CEFALO Studie (AYDIN et al. 2011).

Dlouhodobá a intenzivní expozice byla spojena s výrazně zvýšeným rizikem gliomu a akustického neuromu (IARC 2013). Tato klasifikace je založena především na studii Interphone, mezinárodní studii ve 13 zemích (INTERPHONE\_Study\_Group 2010, 2011) a studiích skupiny Hardella (HARDELL et al., 2006, 2011). Všechna tato šetření byla provedena na dospělých. Ohledně rizika mozkového nádoru u dětí je v současné době k dispozici pouze jedna případová kontrolní studie, studie CEFALO (AYDIN et al., 2011). Mezinárodní studie MOBI-Kids byla sice ukončena, ale výsledky ještě nejsou k dispozici (SADETZKI et al., 2014). Ze studie CEFALO vyplynulo zvýšené riziko mozkových nádorů i u dětí. Ačkoli tato studie byla prezentována v médiích tak jako by neprokázala žádné riziko používání mobilních telefonů, bylo jediným důležitým výsledkem, že totiž riziko spojené s dlouhodobým používáním mobilních telefonů, nepostačuje k tomu, aby ospravednilo, že budeme bez obav. Protože když se udělala analýza délky doby používání mobilních telefonů dětmi na základě údajů provozovatele sítě, vyplynulo výrazně zvýšené riziko (viz obr. 5).

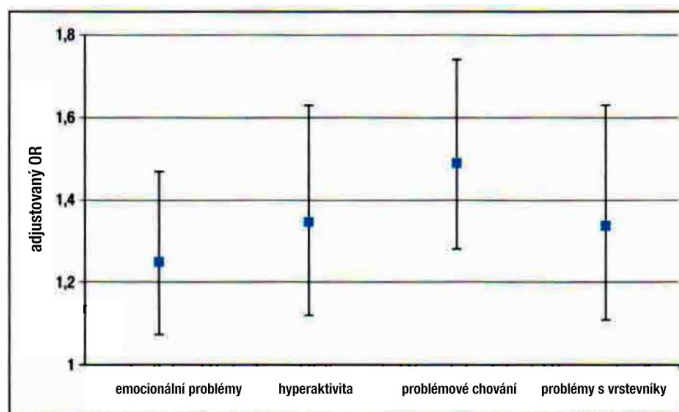
Používání nových komunikačních prostředků změnilo chování lidí, ale zejména dětí a mladistvých. Z hlediska jejich důsledků nelze tím podmíněně změny v kognitivních procesech, nedostatek autentických zkušeností, jak v sociálním kontextu, tak i v přirozeném prostředí, zatím ještě vůbec odhadnout. Kromě toho existují jiné důvody pro kritické posouzení expozice dětí HF-EMF mobilních telefonů:

- Pronikání záření během telefonování je větší (CHRIST, KUSTER 2005, CHRIST et al., 2010; GANDHI et al., 2012; WIART et al., 2005; WIART et al., 2008), a proto je absorpce elektromagnetické energie v citlivých tkáních vyšší
- V lebečních kostech dětí a mladistvých se stále nachází červená kostní dřevina, takže nelze vyloučit poškození hematopoetických kmenových buněk
- Ušní boltce je asi o 5 % a pokožka hlavy stejně jako lebeční kosti jsou asi o 70 % tenčí než v dospělém věku, proto je u nich anténa blíže k vnitřnostem hlavy než u dospělých
- Vývoj nervových pochev (myelinizace) ještě není dokončen a tkáň podléhá silné vývojové dynamice. Tyto tkáně jsou obvykle citlivější na vnější vlivy.

Existují některé studie, které také zkoumaly vliv používání mobilního telefonu matkou během těhotenství a po něm na následný vývoj dítěte. Ukázalo se, že toto používání mobilního telefonu zvyšuje riziko

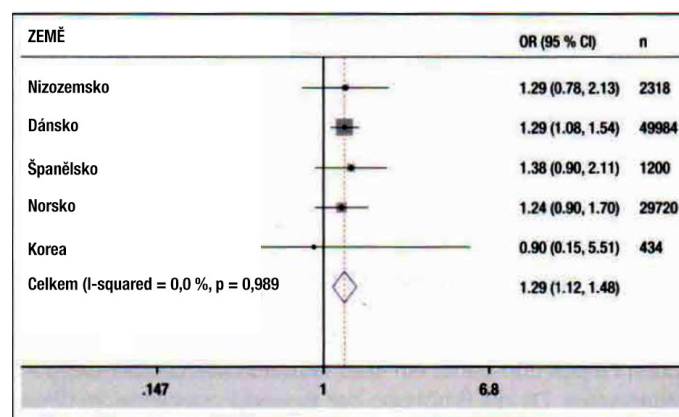
pozdějších problémů v chování dítěte. Již v roce 2008 upoutala pozornost velká studie z Dánska (DIVAN et al., 2008).

Vědci mohli pozorovat problémové chování ve všech dimenzích dotazníku Strength & Difficulties Questionnaire, používaného při testování dětí ve věku 7 let (viz obr. 6), pokud matka používala mobilní telefon před a po narození. V hlouběji jdoucí analýze bylo později prokázáno, že riziko problémového chování korelovalo s dobou, po kterou byl telefon zapnutý (DIVAN et al., 2012).



Obr. 6: Relativní riziko problémového chování dětí ve věku 7 let, pokud matka používala mobilní telefon před a po porodu (DIVAN et al., 2008).

Celkem existují k této otázce studie z pěti zemí, jejichž kombinované důkazy umožňují usuzovat na souvislost mezi používáním mobilního telefonu matkou během těhotenství a pozdější hyperaktivitou dítěte. Na obr. 7 jsou výsledky metaanalýzy (podle BIRKS et al., 2017) týkající se asociace využití mobilního telefonu matkou během těhotenství a dětskou hyperaktivitou.



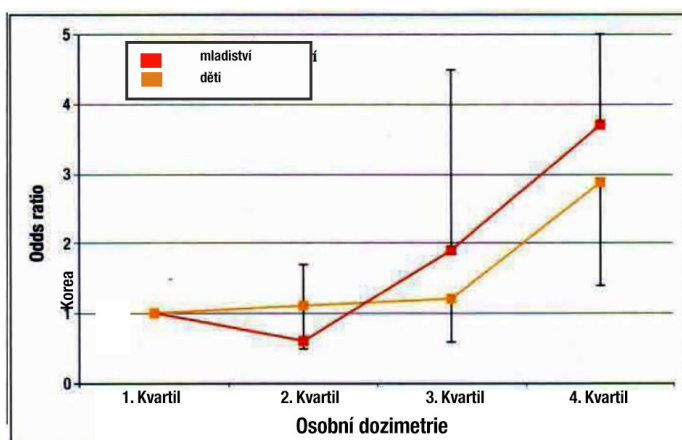
Obr. 7: Metaanalýza souvislosti mezi používáním mobilních telefonů matky během těhotenství a hyperaktivitou dítěte ve věku 5 až 7 let (podle BIRKS et al., 2017).

Studie, která použila osobní dozimetrii, ukázala, že také přímá expozice dítěte nebo mladistvého HF-EMF je spojena se zvýšeným rizikem problémů v chování (THOMAS et al. 2010, viz obrázek 8).

Ze studie HERMES (Health Effects Related To Mobile Phone Use In Adolescents - Zdravotní účinky související s používáním mobilních telefonů u adolescentů) vyplynuly velmi zajímavé a relevantní účinky na paměť, přičemž významné účinky v závislosti na exponované hemisfé-

ře, která korelovala s hlavní lokalizací formy paměti (figurální, verbální) (FOERSTER et al. 2019).

na obezřetnost a opatrnost. Protože se jedná zpravidla o jednoduchá opatření, nelze to odbýt slovy jako „to toho chcete příliš“.



Obr. 8: Riziko problémů s chováním se zvyšuje se zvyšující se expozicí HF-EMF a dosahuje statistické významnosti ve 4. kvartilu (horních 25 %) (podle THOMAS et al., 2010).

Celkově z toho vyplývá, že rovněž u HF-EMF nejsou dlouhodobé negativní dopady na zdraví vyloučeny a že jsou dokonce velmi pravděpodobné. Obdobně jako u ELF-MF chrání i mezní hodnoty ve vysokofrekvenční oblasti rovněž pouze před krátkodobými účinky. Zejména pro děti a mladistvé je nutné naléhavě doporučit preventivní opatření na ochranu před dlouhodobými účinky:

Opatření by měla být v první řadě technologické povahy, tj. založená na vývoji neškodných technologií.

Využívání telekomunikačních technologií nabízí mnoho výhod – rovněž pro děti a mladistvé – proto musí být tato technologie bezpečná.

Rodiče musí být poučeni o tom, jak děti a mladiství mohou používat tyto technologie ke svému prospěchu a jak mohou snížit expozici mikrovlnného záření z mobilních telefonů.

## Závěr

Historie zdravotního výzkumu v oblasti elektrických, magnetických a elektromagnetických polí zcela jasně ukazuje, že od samého počátku nebyly brány otázky zdravotních následků příliš vážně. Při šíření těchto technologií hrály ve skutečnosti roli pouze technické a ekonomické úvahy. Ačkoli chybějící posouzení dopadů technologie, když se dotýkají zdravotních problémů, nelze z lékařského hlediska akceptovat, ukazuje nedávný vývoj (klíčové slovo „5G“), že se tato historie opakuje.

A to se děje, přestože se, jak u nízkofrekvenčních, tak i u vysokofrekvenčních aplikací ukázalo, že s pokračujícími výzkumnými snahami a přesnějšími vědeckými metodami lze nejen vyloučit nepříznivé účinky na zdraví, ale že se i zvyšuje prokázání těchto účinků. Především pokud jde o zdraví dětí, je už dlouho načase, brát vědecké poznatky a rady vážně a adekvátně jednat. S ohledem na jejich fyziologii, která je ještě ve vývoji, a na jejich dlouhou dobu života, který je před nimi, jakož i na vtiskování chování (imprinting) v dětském věku, je naléhavě nezbytné

## Literatura

- Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, et al. (2000): A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *British journal of cancer* 83:692-698.
- Aydin D, Feychting M, Schuz J, Tynes T, Andersen TV, Schmidt LS, et al. (2011): Mobile phone use and brain tumors in children and adolescents: A multicenter case-control study. *Journal of the National Cancer Institute* 103:1264-1276.
- Bawin SM, Adey WR. 1976. Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to weak environmental electric fields oscillating at low frequency. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 73:1999-2003.
- Birks L, Guxens M, Papadopoulou E, Alexander J, Ballester F, Estarlich M, et al. (2017): Maternal cell phone use during pregnancy and child behavioral problems in five birth cohorts. *Environment international* 104:122-131.
- Blackman CF, Benane SG, Joines WT, Hollis MA, House DE. (1980): Calcium-ion efflux from brain tissue: Power-density versus internal field-intensity dependencies at 50-mhz rf radiation. *Bioelectromagnetics* 1 :277-283.
- Buldak RJ, Polaniak R, Buldak L, Zwirska-Korcza K, Skonieczna M, Monsiol A, et al. (2012) Short-term exposure to 50 hz elf-emf alters the cisplatin-induced oxidative response in at478 murine squamous cell carcinoma cells. *Bioelectromagnetics* 33:641-651 .
- Christ A, Kuster N. 2005. Differences in rf energy absorption in the heads of adults and children. *Bioelectromagnetics Suppl* 7:531-44. *Pain and Nocturnal Cramps and to Reduce Stress-Induced Deaths in Animals. U.S. Patent. 1989.*
- Christ A, Gosselin MC, Christopoulou M, Kuhn S, Kuster N (2010): Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. *Physics in medicina and biology* 55:1767-1783.
- Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. (2008): Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology (Cambridge, Mass)* 19:523-529.
- Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J (2012): Cell phone use and behavioural problems in young children. *Journal of epidemiology and community health* 66:524-529.
- Fedrowitz M, Kamino K, Loscher W (2004): Significant differences in the effects of magnetic field exposure on 7, 12-dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary carcinogenesis in two substrains of sprague-dawley rats. *Cancer research* 64:243-251.
- Fedrowitz M, Loscher W (2012): Gene expression in the mammary gland tissue of female fischer 344 and lewis rats after magnetic field exposure (50 hz, 100 mut) for 2 weeks. *International journal of radiation biology* 88:425-429.
- Foerster M, Henneke A, Chetty-Mhlanga S, Roosli M (2019): Impact of adolescents' screen time and nocturnal mobile phone-related awakenings on sleep and general health symptoms: A prospective cohort study. *International journal of environmental research and public health* 16.
- Gandhi OP, Morgan LL, de Salles AA, Han YY, Herberman RB, Davis DL (2012): Exposure limits: The underestimation of absorbed cell phone

radiation, especially in children. *Electromagnetic biology and medicine* 31:34-51.

- Greaves M (2003): Pre-natal origins of childhood leukemia. *Reviews in clinical and experimental hematology* 7:233-245.
- Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood leukemia-emf study group. *Epidemiology (Cambridge, Mass)* 11 :624-634.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K (2006): Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign brain tumours diagnosed during 1997-2003. *International journal of oncology* 28:509-518.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. (2011): Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects. *International journal of oncology* 38:1465-1474.
- IARC (2002): Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Volume 80. Non-ionizing radiation, part 1: Static and extremely low frequency (elf) electric and magnetic fields. Lyon, France: IARC Press.
- IARC (2013): Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Volume 102. Non-ionizing radiation, part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. Lyon, France: IARC Press.
- INTERPHONE\_Study\_Group. (2010): Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: Results of the interphone international case-control study. *International journal of epidemiology* 39:675-694.
- INTERPHONE\_Study\_Group. (2011): Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: Results of the interphone international case-control study. *Cancer epidemiology* 35:453-464.
- Kheifets L, Afifi AA, Shimkhada R (2006): Public health impact of extremely low-frequency electromagnetic fields. *Environmental health perspectives* 114:1532-1537.
- Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, et al. (2010): Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *British journal of cancer* 103: 1128-1135.
- Koyama S, Sakurai T, Nakahara T, Miyakoshi J (2008): Extremely low frequency (elf) magnetic fields enhance chemically induced formation of apurinic/aprimidinic (ap) sites in a172 cells. *International journal of radiation biology* 84:53-59.
- Kundi M, Hutter HP (2014): What if? The public health perspective. In: *Epidemiology of Electromagnetic Fields*, Roosli M (Ed) CRC Press Taylor & Francis.
- Liboff AR (1985): Geomagnetic cyclotron resonance in living cells. *Journal of Biological Physics* 13:99-102.
- Madjid Ansari A, Farzampour S, Sadr A, Shekarchi B, Majidzadeh AK (2016): Effects of short term and long term extremely low frequency magnetic field on depressive disorder in mice: Involvement of nitric oxide pathway. *Life sciences* 146:52-57.
- Mevissen M, Haussler M, Lerchl A, Loscher W (1998): Acceleration of mammary tumorigenesis by exposure of 7, 12-dimethylbenz(a)an-

thracene-treated female rats in a 50-hz, 100-microt magnetic field: Replication study. *Journal of toxicology and environmental health Part A* 53:401-418.

- NTP (1999): Ntp studies of magnetic field promotion (dmba initiation) in female sprague-dawley rats (whole-body exposure/gavage studies). National Toxicology Program technical report series 489:1-148.
- Pail ML (2013): Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *Journal of cellular and molecular medicine* 17:958-965.
- Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL (2015): Polarization: A key difference between man-made and natural electromagnetic fields, in regard to biological activity. *Scientific reports* 5:14914.
- Piacentini R, Ripoli C, Mezzogori D, Azzena GB, Grassi C (2008): Extremely low-frequency electromagnetic fields promote in vitro neurogenesis via upregulation of ca(v)1-channel activity. *Journal of cellular physiology* 215:129-139.
- Sadetzki S, Langer CE, Bruchim R, Kundi M, Merletti F, Vermeulen R, et al. (2014): The mobi-kids study protocol: Challenges in assessing childhood and adolescent exposure to electromagnetic fields from wireless telecommunication technologies and possible association with brain tumor risk. *Frontiers in public health* 2:124.
- Thomas S, Heinrich S, von Kries R, Radon K (2010): Exposure to radio-frequency electromagnetic fields and behavioural problems in bavarian children and adolescents. *European journal of epidemiology* 25:135-141.
- Wertheimer N, Leeper E (1979): Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American journal of epidemiology* 109:273-284.
- WHO (2007): Extremely low frequency fields. *Environmental Health Criteria* 238.
- Wiart J, Hadjem A, Gadi N, Bloch I, Wang MF, Pradier A, et al. (2005): Modeling of rf head exposure in children. *Bioelectromagnetics Suppl* 7:S19-30.
- Wiart J, Hadjem A, Wang MF, Bloch I (2008): Analysis of rf exposure in the head tissues of children and adults. *Physics in medicina and biology* 53:3681-3695.
- Yang Y, Jin X, Yan C, Tian Y, Tang J, Shen X (2008): Case-only study of interactions between DNA repair genes (hmlh1, apex1, mgmt, xrcc1 and xpd) and low-frequency electromagnetic fields in childhood acute leukemia. *Leukemia & lymphoma* 49:2344-2350.
- Yokus B, Akdag MZ, Dasdag S, Cakir DU, Kizil M (2008): Extremely low frequency magnetic fields cause oxidative DNA damage in rats. *International journal of radiation biology* 84:789-795.

Z originálu (Kundi M, Hutter HP. Die Gefahrenbeurteilung der Exposition von Kindern gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder. *Umwelt und Gesundheit - wie sind die Perspektiven? Umwelt - Medizin - Wissenschaft* 3/2019) přeložila PhDr. Irena Voráčková.

# S-DRIVER KÓDUJE, ŠIFRUJE A DIGITALIZUJE EPIGENETICKÉ INFORMACE Z ČERSTVĚ VYTRHNUTÉ VLASOVÉ CIBULKY A VLASU

Poskytuje informace v oblasti

VLIVU  
RADIACE  
A ELEKTROMAGNETICKÉHO  
ZÁŘENÍ  
NA ORGANISMUS

ZÁTĚŽE  
TĚŽKÝMI KOVY

VITAMINŮ

MINERÁLŮ

ODOLNOSTI  
PROTI VIRŮM,  
BAKTERIÍM, PARAZITŮM  
A PLÍSNÍM

AMINOKYSELIN

ANTIOXIDANTŮ

MASTNÝCH  
KYSELIN

**CELL  
WELLBEING**  
[www.cell-wellbeing.com](http://www.cell-wellbeing.com)