

Vliv magnetických polí

Vliv magnetického pole na lidský organismus

Lidský organismus žil po stovky generací v magneticky neměnném prostředí a to vlastně až do konce první světové války. Teprve během posledních dvou až tří generací se tato situace rapidně změnila vlivem masové elektrifikace a v současné době i elektronizace. Lidský organismus je tak vystaven krom přirozeného magnetického pole Země, také velkému množství rozličných parazitních magnetických polí, vzniklých jako následek industriální činnosti. Samostatnou otázkou je využívání magnetického pole v magnetoterapii. V této kapitole stručně rozeberu některé aspekty magnetického pole důležité z hlediska zamýšleného výzkumu včetně jeho účinků na lidský organismus.

Přirozené pole Země

Zemi můžeme v prvním přiblížení přirovnat k velkému kulovému magnetu. Přes hlavní dipólové pole, charakterizované představou tyčového magnetu v zemském středu, jsou superponovány kontinentální (terrestické) anomálie. Tyto anomálie, nazývané též zbytková pole, dosahují velikosti světadílů. Spolu s regionálními anomáliemi jsou příčinou poměrně složitého magnetického pole na zemském povrchu. V současné době svírá osa zemské rotace s osou dipólového pole úhel asi $11,8^\circ$. Přirozené magnetické pole Země dosahuje v našich zeměpisných šířkách hodnot magnetické indukce kolem $47 \mu\text{T}$, což odpovídá intenzitě magnetického pole $37 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$. Na rovníku je úroveň magnetické indukce kolem $30 \mu\text{T}$ a na pólech kolem $70 \mu\text{T}$.

Celkové geomagnetické pole můžeme podle rozložení a rychlosti změn rozdělit na vnitřní a vnější část pole. Vnitřní, převažující část 90 - 95 % geomagnetického pole, zahrnuje: sekundární variace pole, inverzi polarit pole, migraci geomagnetických pólů. Vnější část pole, jehož hlavním zdrojem je sluneční činnost, se projevuje denními, měsíčními a ročními variacemi, pulsacemi a geomagnetickými bouřemi.

Vnitřním zdrojem magnetického pole Země jsou složité fyzikální procesy probíhající především v hraniční oblasti mezi jádrem a pláštěm. Pro jeho objasnění se v posledním desetiletí přijímá hydromagnetická dynamová teorie založená na magnetohydrodynamice tekuté žhavé hmoty zemského nitra. Rozdíl v rotační rychlosti mezi tekutým jádrem a pláštěm vyvolává stejný účinek jako otáčející se dynamo. V reálných podmínkách zemského nitra je však třeba přihlídnout k nehomogenitám a k rozdílu tlaků ve svrchní a spodní části konvekčních proudů.

Geomagnetické pole změnilo několikrát v historii Země svou polaritu. Střední doba trvání jedné polarit byla odhadnuta na dva miliony let, vlastní proces inverze na 3 - 4 tisíce let.

Oblast nad povrchem Země, ve které se projevuje její magnetické pole, se nazývá magnetosféra. Nebýt slunečního větru, to jest proudu elektricky nabitých částic, byla by tato oblast symetrická, takto je však deformována do tvaru slzy. Částice putující od slunce se setkávají s geomagnetickým polem na rázové vlně a magnetosféru obtékají.

Velké a několik dní trvající změny geomagnetického pole jsou označovány jako geomagnetické bouře. Náhlý začátek bouře je charakterizován vzrůstem horizontální intenzity geomagnetického pole s dobou trvání od dvou do šesti minut. V indukci pole se tyto změny promítají hodnotami 20 - 30 nT. Fyzikální podstatu jevu spatřujeme v nárazu slunečního větru na magnetosféru. Hlavní část bouře je provázena poklesem velikosti pole o 50 - 100 nT a pomalým navrácením k původní hladině. Tato fáze trvá od 12 do 24 hodin a má charakter prudkých změn, kladných i záporných s periodami asi 20 minut. Příčinou jsou sluneční protony zachycené magnetosférou. Návrat k

původním hodnotám probíhá exponenciálně během jednoho až tří dnů. Protony se výměnou náboje s ionty mění na atomy neutrálního vodíku a tím proudový prstenec kolem Země zaniká.

Fyziologické účinky magnetických polí

Lidský organismus si v průběhu posledních 80 milionů let přivykl na hodnoty magnetické indukce do 100 μT s pulsacemi řádově 5 nT. Rozsah indukcí magnetických polí v současné době je udáván hodnotami od 10^{-14} do 10^2 T pro všechny obory aplikací, viz tab. 1.

Lidskou činností vytvářená magnetická pole jsou superponována na pole přirozená. Ačkoliv je v oblasti zkoumání vlivu magnetických polí na lidský i jiné organismy mnoho nejasného, nepřeborná množství experimentů provedených za posledních 35 let, poukazují na skutečnost, že magnetická pole nejružnějších druhů a intenzit vyvolávají, byť někdy jen nepatrné, reakce v biologických systémech.

Existuje celá řada teorií objasňujících působení magnetického pole na organismy pomocí sil působících na ionty, magnetoelektrického jevu, deformace valenčních úhlů v molekulách, orientace spinů molekul v magnetickém poli apod.

Vzhledem k mechanismu a reakcím jež vyvolávají můžeme biomagnetické jevy rozdělit do čtyř tříd:

Do první třídy řadíme jevy, u kterých předpokládáme původ v určitém typu citlivostního aparátu, kterým organismus může rozeznat magnetické pole na úrovni pole geomagnetického. Sem patří navigační schopnosti některých stěhovavých ptáků, magnetické směrové cítění hmyzu atd.

Do druhé třídy zahrnujeme fyziologické stresové jevy, které vznikají působením mnoha fyzikálních, chemických a biochemických procesů v organismu vystaveném magnetickému poli. Tyto procesy představují druh stresu, na který se musí organismus adaptovat a na který bude pravděpodobně reagovat. Projeví se po dnech až týdnech formou zpomaleného růstu, hematologickými změnami, morfologickými změnami, zpožděným hojením ran atd.

Do třetí třídy zařazujeme mutagenní jevy zapříčiněné magnetickými poli. Předpokládá se, že změna vodíkových vazeb v molekulách DNA může být ovlivněna magnetickým polem. Reálnost této změny genetického kódu není zcela prokázána.

Do čtvrté třídy patří jevy, které se projevují jen v kombinaci magnetického pole s jinými fyzikálními či chemickými parametry (ionizující záření, teplota, polutanty atd.).

Účinky geomagnetického pole

Dlouhodobé statistiky průběhu nervových a srdečně cévních onemocnění prokazují souvislost se změnami geomagnetického pole. Průběh geomagnetických bouří ovlivňuje lidskou psychiku. Z těchto důvodů byla zřízena služba předpovědí geomagnetických změn, zvláště pro jednotky intenzivní péče a silniční provoz.

Siločáry přirozeného magnetického pole Země sledují směr magnetických poledníků, probíhají tedy vodorovně. Vzhledem ke skutečnosti že vzduch i lidské tělo mají stejnou hodnotu permeability, nedochází při průchodu magnetického pole lidským tělem k jeho deformaci. Většina biologických objektů projevuje schopnost autoorientace při spánku. Při situování obytných místností v budovách se proto doporučuje, aby byla lůžka orientována hlavou směrem k jihu. Jestliže je hlavní srdeční tepna aorta v ose magnetického poledníku, pak během odpočinku takto ležícího člověka se jeho tepová frekvence snižuje až o 5 % proti jiné poloze, což je zdraví prospěšné, neboť srdce je takto méně namáháno.

Přirozené magnetické pole je v podstatě pole jednosměrné, avšak jsou na něm superponovány i

vyšší frekvence, které odpovídají „alfa“ rytmům elektrické aktivity mozku 7 - 14 Hz. Tyto pulsace jsou v řádově nT.

Je prokázáno, že pobyt člověka v prostorech dokonale odstíněných od magnetického pole není dlouhodobě možný, z důvodu okamžitého zhoršení činnosti centrální nervové soustavy.

Účinky slabých magnetických polí

Za slabá magnetická pole považujeme všechna magnetická pole, jejichž intenzita, respektive indukce, je nižší než hodnota pole geomagnetického na rovníku, to jest 25 A.m^{-1} , respektive $30 \mu\text{T}$. Ačkoliv někteří vědci diskutují možnost zásadnějšího vlivu i těchto polí na lidský organismus, my můžeme z ohledem na naše cíle považovat jejich vliv za irelevantní.

Účinky silných magnetických polí

Za silná magnetická pole považujeme všechna magnetická pole, jejichž intenzita, respektive indukce, přesahuje hodnotu pole geomagnetického na zemských pólech, to jest 50 A.m^{-1} , respektive $70 \mu\text{T}$.

Obecně můžeme říci, že trvalé následky působení na lidský organismus nebyly dosud spolehlivě prokázány. V literatuře se občas objevují panické zvěsti o vzniku rakoviny nebo leukémie po expozici silným magnetickým polem, ale dosud pro to neexistují žádné přímé důkazy. Předpokládá se však výrazný účinek na těhotné ženy, na osoby s nervovými, emocionálními a mentálními problémy, na osoby se srdečními a oběhovými potížemi, obecně na imunitní a krvetvorný systém. S rozvojem zařízení využívajících silných magnetických polí generovaných pomocí supravodičů vzrůstají počty pracovníků vystavovaných účinkům těchto polí. V extrémních případech je možné vybudit v mezeře magnetu pole o intenzitě 8 MA.m^{-1} nebo generovat impulsové magnetické pole o intenzitě až 2 GA.m^{-1} . Z fyziologického hlediska se registrují dva hlavní syndromy, periferní vazovegetativní a astenicko vegetativní, které se projevují (anatomicko fyziologickými změnami rukou, změnami kardiovaskulárního a cerebrospinálního systému, poruchami neurologickými a psychickými – magnetofobie).

Tyto příznaky byly experimentálně ověřeny na skupině zdravých mladých mužů objektivním vyšetřením EKG, EEG, EMG, biochemickými a hematologickými testy.

Pokud je organismus vystaven působení pulzujícího stejnosměrného nebo střídavého magnetického pole v oblasti hlavy, pozoruje v oku rozptýlené světélkující záblesky - magnetické fosfeny. Tyto záblesky jsou pozorovány při frekvenci magnetického pole 10 - 100 Hz a indukci 20 - 100 mT.

Kromě fosfenu je popisováno změněné zrakové vnímání - snížená zraková ostrost. V oblasti psychiky brzdí tato pole vytváření paměťových stop a urychlují jejich vyhasínání.

U polí s vyššími intenzitami a zejména s vyššími frekvencemi se v lidském těle indukují vířivé proudy, které mohou mít tepelné účinky.

Magnetoterapie

Od padesátých let tohoto století se množí zprávy o příznivých účincích magnetických polí na lidský organismus. Především jde o stimulaci zpomaleného hojení kostních zlomenin, ústup otoků a bolestí přetrvávajících po úrazech kostí a kloubů, dále pak příznivé účinky při bolestech krční páteře a zlepšení pohyblivosti a zmírnění bolestí při artralgií velkých kloubů. Překvapující jsou však také pozitivní výsledky při léčení chronických zánětů paranasálních dutin a chronických i alergických rým. Dobrých výsledků se také dosáhlo při léčení Bechtěrevovy nemoci, mnohočetné sklerózy a fantomových bolestí. Obecně můžeme říci, že magnetoterapie pomáhá všude tam, kde se setkáváme s bolestmi spojenými s periferním nervstvem.

Pokud jde o kontraindikace, je to především těhotenství, akutní tuberkulóza, krvácivá onemocnění zažívacího a střevního traktu, akutní horečnatá onemocnění infekčního původu, onemocnění srdce a samozřejmě nelze magnetoterapii aplikovat u pacientů s kardiostimulátorem či jiným implantovaným zařízením.

Magnetoterapie jinak působí na člověka zdravého, jinak na člověka nemocného. Při určitých diagnózách je její předností výhodné analgetické a protizánětlivé působení, relativně bez vedlejších účinků

K léčebným účelům se používají jako aplikátory elektromagnety přikládáné na povrch těla nebo solenoidy různých průměrů a délek nasazované na končetiny nebo trup. Využívají se buď statická (stejnosemerná) nebo střídavá pulzní magnetická pole s kmitočtem 10 -100 Hz a indukci v rozmezí jednotek až desítek mT. Při některých léčebných postupech se rozlišuje i polarita působícího pole. Expoziční doby aplikace magnetického pole se obvykle pohybují od 10 do 20 minut. Jinou formou magnetoterapie je používání magnetických náplastí s malými permanentními magnety nebo přikládání magnetů na akupunkturální body.

Přestože existuje poměrně velké množství zpráv o pozitivním vlivu vhodně dávkovaného magnetického pole na lidský organismus, není lékařská obec jednotná v pohledu na tento druh terapie. Část lékařů podezřívá magnetoterapii, že její působení je spíše psychického rázu (placebo efekt). K tomuto stavu pravděpodobně také přispívá skutečnost, že v současné době není známá pravá podstata fyziologických účinků magnetického pole na živé organismy a že se stále musíme spokojit s více či méně pravděpodobnými hypotézami o přímém - specifickém působení.

Technická pole

U elektrických spotřebičů a elektrických strojů odpovídá vyzařované magnetické pole tzv. rozptylovému toku, který je možno omezit vhodnou konstrukcí zařízení a uspořádáním krytů. Pro magnetickou indukci se také používá výraz „sycení“, a to zejména v elektrických strojích, kde má obvykle hodnotu kolem 1 T.

U průmyslových zařízení se mohou vyskytovat statická (stejnosemerná) magnetická pole v provozu elektrolyz např. v galvanovnách (až 20 mT), u magnetických defektoskopů, u jeřábových elektromagnetů, u brusek s magnetickým upínáním, při výrobě a montáži permanentních magnetů do různých výrobků.

Kromě hodnoty velikosti magnetické indukce je velmi důležitá i rychlost její změny dB/dt , která má přímý vliv na velikost indukované proudové hustoty v těle. V hutích se s takovými poli setkáváme u zatížených venkovních vedení vysokého napětí a zejména v rozvodnách, u fázových přívodů k elektrickým obloukovým pecím, u magnetických defektoskopů pro kontrolu kvality válcovaného materiálu, u magnetických separátorů kovových příměsí, u jeřábových magnetů atd.