

důležité vymezení role působnosti jednotlivých uživatelů. V této kapitole je podrobně diskutována kontrola přístupu v různých bezpečnostních modelech. Je popsán elektronický podpis a jeho souvislost s privátním a veřejným klíčem ve spojení s certifikátem od vybraného poskytovatele. Dále je uveden zákon o elektronickém podpisu v nejdůležitějších paragrafech včetně popisu praktického dopadu ve zdravotnictví. Další část kapitoly je o ochraně osobních údajů, související legislativě a působnosti Úřadu pro ochranu osobních údajů. Závěr kapitoly se týká informačních systémů veřejné správy.

Kniha dává ucelený přehled o datech a znalostech využívaných v biomedicině a zdravotnictví. Může velmi pomoci učitelům na vysokých školách v pregraduálním, postgraduálním a celoživotním vzdělávání, výzkumným pracovníkům v biomedicině, lékařům a dalším zdravotnickým pracovníkům. Vznik knihy byl podpořen Centrem biomedicínské informatiky díky projektu 1M06014 MŠMT ČR a výzkumným záměrem AV0Z10300504 Ústavu informatiky AV ČR v.v.i., práce na kapitole 1 rovněž výzkumným záměrem MSM 6840770012 FEL ČVUT a projektem 1M0572 MŠMT ČR a práce na kapitole 8 projektem MPO FT-TA5/135. Rádi bychom touto cestou poděkovali recenzentům knihy doc. Ing. Arnoštovi Veselému, CSc., a Ing. Václavu Křemenovi, Ph.D., za cenné připomínky, které přispěly ke zkvalitnění konečného textu a Bc. Anně Horňákové za pečlivou práci při přípravě textu do požadovaného formátu, dokreslení řady obrázků a pečlivé odstranění překlepů.

editoři

prof. RNDr. Jana Zvárová, DrSc.  
doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.  
Ing. Vladimír Přibík, CSc.

## Kapitola 1

# Biomedicínské signály a obrazy

### 1.1 Biologické signály

Obecně signál představuje entitu (funkci), která umožňuje přenášet informace o podstatě či vlastnostech svého zdroje, případně informace, které jsou do signálu záměrně zakódované. *Biologický signál* neboli biosignál je speciální druh signálu, který má svůj původ v živém organismu. Může být vyvolán samotnými životními projevy organismu nebo jej lze vyvolat uměle, fyzikálním působením na organismus z vnějšku. Nejznámější biosignály patří k prvním typu: elektrokardiografický, elektroencefalografický, elektromyografický atd. Mezi uměle vyvolané patří např. bioimpedanční signály různých orgánů a tkání, kdy do tkáně přivádíme střídavý elektrický proud, pomocí kterého měříme její impedanci.

Některé biologické signály se mění jen velmi pomalu (např. tělesná teplota), u jiných jsou naopak při aktivitě měřené tkáně změny velmi rychlé (např. elektromyografický signál). Často nemáme k dispozici prostředky, které by umožnily získat spojitě hodnoty biosignálů, jako je tomu např. u mnoha biochemických signálů. Podobně se třeba musíme spokojit se získáním jediné hodnoty v časovém rozmezí několika hodin či dokonce dnů, se

Biologický  
signál

záznamem hodnot a následným vyhodnocením trendu. U těchto biosignálů nepoužíváme klasické metody zpracování signálů, neboť to způsob jejich měření neumožňuje.

Informace v biosignálech bývá často znehodnocena rušením či šumem. Proto je třeba biosignály odpovídajícím způsobem zpracovat.

Zpracování biosignálů přináší některé speciální problémy. Jejich hlavní příčinou je složitost biologického systému, obtížnost porozumění všem jevům a v mnoha případech nutnost nepřímých a neinvazivních měření. K dispozici je celá řada metod a algoritmů zpracování biosignálů jednorozměrných i dvourozměrných, v časové i frekvenční oblasti. Výběr je závislý na cíli procesu zpracování, na podmínkách měření i na vlastních charakteristikách biosignálů.

Podle původu či vzniku je možné biosignály rozčlenit na tyto typy signálů:

- bioelektrické signály,
- bioimpedanční signály,
- biomagnetické signály,
- bioakustické signály,
- biochemické signály,
- biomechanické signály,
- ostatní biologické signály,
  - optické signály,
  - tepelné signály,
  - radiologické signály,
  - ultrazvukové signály.

### 1.1.1 Druhy biologických signálů

#### Bioelektrické signály

Tyto biosignály jsou generovány nervovými a svalovými buňkami. Jejich zdrojem je membránový potenciál, což je

elektrické napětí mezi vnitřkem buňky a jejím okolím. Je výsledkem rozdílné koncentrace iontů na obou stranách membrány a její nestejné propustnosti pro jednotlivé ionty. Dojde-li k podráždění buňky stimulem, který je silnější než prahová hodnota dráždění, buňka generuje akční potenciál. Akční potenciály excitovaných buněk jsou přenášeny na přilehlé buňky a dochází tak k šíření elektrického pole v biologické tkáni. *Bioelektrický signál* snímáný pomocí elektrod vzniká současnou činností velkého počtu těchto buněk. Protože je lidské tělo dobře vodivým prostředím, můžeme bioelektrické signály, vznikající činností vnitřních orgánů (srdce, mozku, svalů apod.) zaznamenávat pomocí povrchových elektrod. V některých případech je nevyhnutelné či přínosnější snímání invazivní, využívající podpovrchových elektrod. Většina snímacích technik používá více elektrod rozmístěných v blízkosti daného orgánu (je-li to možné nebo nutné i jinde). Zjišťujeme tak v podstatě rozložení elektrického pole generovaného tímto orgánem.

Bioelektrické signály jsou v současnosti z hlediska lékařské diagnostiky nejdůležitějšími. Při jejich snímání a zpracování nás zpravidla zajímá rozkmit (neboli napětí špička-špička  $u_{pp}$ ) a využívané frekvenční pásmo. Frekvenční spektrum většiny signálů je pro diagnostické účely využíváno jen z části. Přehled nejčastěji snímáných bioelektrických signálů uvádí tab. 1.1. Pouze některé z nich slouží k rutinním vyšetřením. Nejsou zde uvedeny méně obvyklé signály, které se používají vzácně na některých specializovaných klinických pracovištích (často jen v zahraničí), jako jsou bioelektrické signály hlasivek, dělohy, apod.

**Elektrokardiografický signál (EKG)** je biosignálem srdce. Podstatou jeho vzniku jsou akční potenciály srdečních svalových buněk a buněk srdečního převodního systému. Akční potenciál se srdcem šíří (za nepatologického stavu) síněmi, převodním systémem a komorami. Z EKG signálu dokážeme rozpoznat případnou poruchu a určit možné příčiny. Snímáme jej nejčastěji na povrchu těla pomocí končetinových a hrudních elektrod. Při operačních výkonech se EKG signál snímá přímo na srdci.

**Elektroencefalografický signál (EEG)** vzniká činností mozkových neuronů. Při klinických vyšetřeních snímáme EEG

Bio-  
elektrický  
signál

pomocí povrchových elektrod. Při operačních výkonech lze snímat i podpovrchovými elektrodami, což umožňuje lepší lokalizaci patologie. Analýzou EEG signálu lze odhalit mnoho různých patologických stavů mozku (epileptické stavy, nádorová onemocnění, poruchy spánku, atd.).

**Elektrokortikografický signál (ECoG)** získáme snímáním elektrických potenciálů přímo z povrchu obnažené mozkové kůry (cortexu). Snímání se provádí především v průběhu operačních zákroků na mozku.

**Evokované potenciály (EP)** jsou signály (potenciály), zachycené snímáním elektrické aktivity mozku vzniklé jako odpověď na zevní senzoričnou stimulaci. Podle použitého podnětu se rozlišují zrakové (VEP), kmenové sluchové (BAEP), somatosenzoričké (SEP), motorické (MEP) a kognitivní (ERP). EP patří k základnímu neurofyziologickému vyšetření, umožňují objektivizaci senzoričkových poškození a lokalizaci místa poškození v rámci příslušné dráhy. Špičkové napětí evokovaného potenciálu je mnohem nižší než u spontánního EEG.

**Elektromyografický signál (EMG)** vzniká činností kosterního svalstva, je generován akčními potenciály svalových vláken. Snímá se povrchovými nebo podpovrchovými elektrodami.

**Elektrogastrografický signál (EGG)** je generován činností žaludečního hladkého svalstva. Snímá se nitrožaludečně nebo častěji pomocí povrchových elektrod, umístěných na břišní stěně. Z EGG signálu můžeme posoudit např. motilitu žaludku.

**Elektroneurografický signál (ENoG)** vzniká šířením akčního potenciálu periferním nervovým vláknem. Snímá se povrchovými nebo vnořenými jehlovými elektrodami.

**Elektronystagmografický signál (ENG)** představuje registraci nystagmu – mimovolního, rychlého, rytmického pohybu očí. Hlavními parametry jsou rychlost (pomalá složka, rychlá složka), směr (horizontální, vertikální, rotační, diagonální, alternující, disociovaný), rozsah (amplituda = velikost odchylky), frekvence, trvání a latence. Podle původu nystagmu se rozeznávají fyziologické a patologické.

**Elektrookulografický signál (EOG)** má původ v činnosti okohybných svalů. Snímáme jej neinvazivně pomocí povrchových elektrod, umístěných kolem očních důlků.

**Elektroretinografický signál (ERG)** je generován činností sítnice při světelné stimulaci. Lze jej měřit pomocí mikroelektrod na povrchu sítnice, nebo na rohovce pomocí elektrody v podobě kontaktní čočky.

Tabulka 1.1: Přehled základních parametrů nejdůležitějších typů bioelektrických signálů

biosignál	$u_{pp}$	frekvenční pásmo	snímač
EKG	0,5 mV – 5 mV	0,01 Hz – 250 Hz	povrchové elektrody
EEG	5 $\mu$ V – 300 $\mu$ V	0,1 Hz – 100 Hz	povrchové elektrody
	5 $\mu$ V – 10 mV	0,1 Hz – 100 Hz	podpovrchové elektrody
ECoG	5 $\mu$ V – 10 mV	0,1 Hz – 100 Hz	povrchové elektrody
EP	0,1 $\mu$ V – 20 $\mu$ V	až několik kHz	povrchové elektrody
EMG	0,1 mV – 10 mV	0,01 Hz – 10 kHz	povrchové elektrody
	50 $\mu$ V – 5 mV	0,01 Hz – 10 kHz	podpovrchové elektrody
EGG	0,1 mV – 10 mV	0,01 Hz – 5 Hz	nitrožaludeční elektrody
	10 $\mu$ V – 500 $\mu$ V	0,01 Hz – 5 Hz	povrchové elektrody
ENoG	5 $\mu$ V – 10 mV	0,01 Hz – 1 kHz	podpovrchové elektrody
ENG	15 $\mu$ V – 200 $\mu$ V	0,1 Hz – 30 Hz	povrchové elektrody
EOG	10 $\mu$ V – 5 mV	0,05 Hz – 100 Hz	mikroelektrody
ERG	5 $\mu$ V – 1 mV	0,2 Hz – 50 Hz	přísavné elektrody
fEKG	10 $\mu$ V – 300 $\mu$ V	0,01 Hz – 250 Hz	intrauterinní elektrody
	10 $\mu$ V – 20 $\mu$ V	0,01 Hz – 250 Hz	povrchové elektrody
AP	10 $\mu$ V – 100 $\mu$ V	10 Hz – 2 kHz	mikroelektrody

**Fetální elektrokardiografický signál (fEKG)** vzniká činností srdce plodu a šíří se tělem matky. Snímat jej lze neinvazivně pomocí elektrod rozložených vhodně na jejím těle, nebo invazivně pomocí speciální elektrody, která se zapichuje do hlavičky plodu.

**Akční potenciály (AP)**, tedy membránové napětí, snímáme u izolovaných buněk *in vitro* pomocí mikroelektrod. Toto snímání se provádí pouze v rámci specializovaného výzkumu.

### Bioimpedanční signály

Impedance tkání nesou významné informace o jejich složení, perfusi, objemu krve, nervové a endokrinní aktivitě, apod. *Bioimpedanční signál* však není spontánním projevem organismu. Generujeme ho tak, že na vhodném místě indukujeme do tkáně střídavý proud se sinusovým průběhem (20  $\mu\text{A}$  až 2 mA) na frekvencích 50 kHz až 1 MHz. Frekvence bývá volena s ohledem na minimalizaci polarizace elektrod a proud s ohledem na tepelné poškození tkání. Impedanční biosignál se získává povrchovými nebo vpichovými elektrodami umístěnými na jiném místě těla. Impedanční měření se obvykle provádí se čtyřmi elektrodami – dvěma zdrojovými a dvěma měřicími. Metoda bývá označována jako impedanční pletysmografie nebo reografie [33]. V současné klinické praxi se bioimpedanční měření a tudíž ani odpovídající signály v širším měřítku nepoužívají, především pro technickou náročnost a malý přínos.

### Biomagnetické signály

Řada orgánů v těle, jako srdce, mozek, plíce a některé další, generuje velmi slabá magnetická pole. Snímání těchto polí poskytuje informace, které jsou spojovány se specifickými fyziologickými aktivitami, ale nejsou obsaženy v jiných biosignálech. Výčet odpovídajících *biomagnetických signálů*, jejichž špičkovou indukci  $B_{pp}$  a využívané frekvenční pásmo uvádí tab. 1.2.

Vlivem velmi malých intenzit polí je snímání biomagnetických signálů technicky náročné, neboť intenzity rušivých polí (geomagnetického pole Země, rušivých polí elektrospotřebičů a elektrické rozvodné sítě) jsou několikanásobně vyšší. Pro neinvazivní a bezkontaktní měření biomagnetických polí lze použít supravodivý kvantový magnetometr (SQUID), umístěný v prostředí dobře odstíněném od rušivých polí. Výhodou

proti měření bioelektrických signálů je lepší možnost lokalizace zdrojů biomagnetického pole a bezkontaktnost měření (odpadá i nutnost používat referenční elektrodu).

Kvůli finanční náročnosti a relativně malému přínosu ve srovnání s měřením odpovídajících bioelektrických signálů není měření biomagnetických polí v rutinní klinické praxi využíváno.

Tabulka 1.2: Přehled základních parametrů nejdůležitějších typů biomagnetických signálů

biosignál	$B_{pp}$	frekvenční pásmo
magnetoencefalografický (MEG)	1 – 2 pT	0,5 – 30 Hz
magnetokardiografický (MKG)	50 – 70 pT	0,05 – 150 Hz
magnetomyografický (MMG)	10 – 90 pT	0 – 10 kHz
magnetoookulografický (MOG)	10 pT	0 – 100 Hz
magnetoetinografický (MRG)	0,1 pT	0,1 – 50 Hz

### Bioakustické signály

Mnoho fyziologických jevů je provázáno nebo samo vytváří akustické signály, popř. akustický šum. Měření těchto signálů přináší další informace při hodnocení funkce významných orgánů. Mezi *bioakustické signály* patří srdeční ozvy, které vznikají při průtoku krve srdečními chlopněmi. Běžně je posloucháme pomocí fonendoskopu, lze je však snímat i mikrofonem. Dynamický rozsah fonokardiografického signálu je 80 dB, nejmenší snímáný akustický tlak je asi 100  $\mu\text{Pa}$ . Frekvenční rozsah tohoto signálu je 5–2000 Hz. Stejně tak průtok vzduchu horními i dolními dýchacími cestami a plícemi vytváří akustické signály známé jako šelesty dýchání, kašel, chrápání. Zvuky jsou také generovány v zažívacím traktu a v kloubech. Akustické signály je možné snímat mikrofony nebo akcelerometry.

Bio-  
akustický  
signál

### Biomechanické signály

*Biomechanické signály* mají původ v některé z mechanických funkcí či činností biologického systému – organismu. Mezi biomechanické signály řadíme především nejrůznější polohové výchylky, rychlosti, zrychlení, průtoky a tlaky, které lze

Bio-  
mechanický  
signál

v rámci lidského organismu měřit. Na rozdíl od bioelektrických signálů vyžaduje jejich měření přesnější umístění snímače. Důvodem je to, že mechanický signál se nešíří na rozdíl od elektrických, magnetických či akustických polí. Nejčastěji měřenými biomechanickými signály jsou tlak krve, respirační frekvence, srdeční výdej a objem tkání, resp. jeho změny.

**Tlak krve (KT)** lze měřit invazivně i neinvazivně. Hodnoty TK se udávají vztahy k hodnotě absolutního tlaku 760 mmHg, které odpovídá TK 0 mmHg. Nejvyšší TK lze zaznamenat v pravé srdeční komoře a v artériích, jeho hodnoty se měří v rozmezí do 300 mmHg.

**Srdeční výdej** je objem krve, vypuzený srdcem do krevního oběhu za jednotku času. Jeho normální hodnota je 5,5 l/min. Nejčastěji se měří při katetrizaci pravé srdeční komory prostřednictvím termodiluční metody. Podstatou metody je diluce, tedy rozředění indikátoru přidaného do krevního oběhu. U termodiluční metody je indikátorem teplo. Zpravidla se používá fyziologický roztok ochlazený na asi 4 °C. Indikátor se smíchá v pravé síni s krví a v plicnici se měří teplota směsi. Naměřená hodnota není okamžitá, ale průměrná hodnota srdečního výdeje za dobu měření.

**Respirační frekvenci** neboli frekvenci dýchání lze měřit různými způsoby, a to v rozsahu 0–50 min<sup>-1</sup>. Nejčastěji se respirační frekvence odvozuje z průběhu jiného biosignálu, např. z modulace EKG signálu či koncentrace oxidu uhličitého ve vydechaném vzduchu.

**Objem tkání a jeho změny** lze měřit pomocí pletysmografie. Dnes je klinicky využívána např. pletysmografie horních končetin, sloužící k hodnocení jakosti jejich prokrvení. Dalším příkladem je měření změn objemu celého těla při dýchání, tzv. celotělová pletysmografie.

### Biochemické signály

Biochemický  
signál

Za *biochemické signály* považujeme výsledky chemických měření provedených na živých tkáních nebo na vzorcích analyzovaných v klinických laboratořích. Jedná se o stanovení koncentrací nejrůznějších iontů (K, Ca) uvnitř buněk, ale i v jejich okolí pomocí speciálních iontově citlivých elektrod,

a o stanovení jejich pH. Významné jsou i parciální tlaky kyslíku pO<sub>2</sub> a oxidu uhličitého pCO<sub>2</sub> v krvi nebo respiračním systémem. Zásadní význam má i pH krve. Biochemické signály jsou nejčastěji velmi nízkých frekvencí, stejnosměrné nebo pomalu se měnící [33].

### Ostatní biologické signály

**Tělesná teplota.** Příkladem biologického signálu, který lze jen těžko zařadit do některé z výše uvedených skupin, je tělesná teplota. Měřit ji lze kontaktními či bezkontaktními teploměry, případně termografickou kamerou. Měřicí rozsah je vždy alespoň 35–42 °C. Tělesná teplota se mění velmi pomalu, proto při záznamu jejich hodnot bývá vzorkovací frekvence velmi malá. Většinou se měří v intervalech asi 10–15 min. Základním snímačem, používaným pro kontaktní monitorování teploty v klinické praxi, je termistor.

**Biooptické signály** jsou výsledkem pozorování optických vlastností biologického systému – organismu, ať už jsou podstatou systému, nebo jsou indukovány při měření. Je známo, že okysličení krve, saturace kyslíkem, může být hodnoceno měřením přímého a odraženého světla (různých vlnových délek) po průchodu tkání. Metoda je označována jako oximetrie. Významnou informací o stavu plodu je rovněž změřená charakteristika amniotické tekutiny. K hodnocení srdečního výdeje je možné také užít barvivovou diluční techniku, která využívá monitorování výskytu recirkulujícího barviva v krevním toku.

**Radiologické signály** vznikají interakcí ionizujícího záření s biologickými strukturami. Na všech aplikovaných vlnových délkách i úrovních energií nesou informace o vnitřních anatomických strukturách organismu. Jsou snímány speciálními snímači, zpracovávány a zobrazovány ve 2D, někdy i 3D formátu. Mají zásadní význam v diagnostice a při plánování radiační terapie.

**Ultrazvukové signály** vznikají interakcí ultrazvukového vlnění s tkáněmi organismu. Nesou informace o akustických impedancích biologických struktur a jejich anatomických změnách. Snímány jsou sondami s piezoelektrickými měniči,

zpracovávají a zobrazují ve 2D nebo 3D formátu. Speciální formou ultrazvukových signálů jsou dopplerovské signály nesoucí informace o velikosti, směru a charakteru toku krve ve významných cévách nebo dutinách srdce.

### 1.1.2 Klasifikace biosignálů

Biosignály je možné třídit podle celé řady hledisek. Za nejvýznamnější lze považovat následující druhy rozdělení:

Klasifikace **podle zdroje nebo fyzikální podstaty** biosignálu, kdy třídění respektuje základní fyzikální charakteristiky uvažovaného procesu.

Klasifikace **podle oboru lékařských aplikací**. Biosignály jsou získávány a zpracovávány v souladu s diagnostickým, monitorovacím nebo léčebným cílem. Klasifikace může být také vytvořena podle klinické oblasti aplikací, např. kardiologie nebo neurologie, nebo podle fyziologických studií organismu.

Klasifikace **podle charakteristik signálu**, které jsou z hlediska analýzy signálu nejvýznamnější. Pokud je hlavním cílem zpracování biosignálu, potom není podstatné, co je zdrojem tohoto signálu, nebo kterému biologickému systému signály náleží [33].

Z pohledu charakteristik signálů rozeznáváme dvě základní kategorie signálů, a to **spojité** a **diskrétní**. Spojité signály jsou charakterizovány spojitostí v čase nebo prostoru. Lze je popsat spojitými funkcemi, které poskytují informace o signálech v čase. Diskrétní signály jsou definovány jen v diskrétních bodech prostoru nebo časových úsecích. Jsou reprezentovány sekvencemi čísel, které poskytují odpovídající informace. Biosignály snímané z biologických objektů jsou téměř vždy spojitými signály. Pro jejich následné číslicové zpracování v počítačích je nezbytný proces digitalizace – vzorkování v čase a kvantování v úrovni (velikosti signálu).

Signály obecně také dělíme na **deterministické** a **náhodné** či **stochastické**. Deterministickými jsou ty signály, které mohou být exaktně popsány matematickými funkcemi nebo vyjádřeny graficky. Je-li signál deterministický a je-li dán jeho matematický popis, nenese takový signál žádnou informaci. Reálné signály nejsou nikdy deterministické. Vždy se v nich

vyskytují nepředvídatelné změny parametrů, neznámý a nepredikovatelný přidaný šum. Nicméně se často používá aproximace nebo modelování signálu pomocí deterministických funkcí.

Významnou třídou deterministických signálů jsou signály periodické, které jsou charakterizovány základním tvarem vlny a periodou, s níž se v čase opakují. Sledovaný a analyzovaný signál však může nést informace o celé řadě harmonických kmitočtů a dalších frekvencích. Většina deterministických funkcí je neperiodických. Někdy je však vhodné pracovat s „téměř periodickým“ typem signálu. Typickým představitelem je signál EKG, u kterého nejčastěji hodnotíme intervaly R-R jako tepovou frekvenci. Ta není nikdy konstantní, mění se tep od tepu. Navíc ani PQRST komplex jednoho srdečního cyklu není nikdy úplně stejný jako v kterémkoliv jiném cyklu. Signál je tedy nepochybně neperiodický. Nicméně za jistých podmínek lze říci, že interval R-R je téměř konstantní a PQRST komplex je téměř totožný s ostatními. Sledování změn pak nese významnou diagnostickou informaci o variabilitě srdečního rytmu a celého cyklu, která může být využita k predikci zdravotního stavu srdce jedince.

Nejvýznamnější třídou signálů, včetně většiny biologických, jsou stochastické (náhodné) signály. Stochastický signál je vzorkem funkce stochastického procesu. Náhodné signály nemohou být exaktně vyjádřeny, popisují se jen pravděpodobnostními funkcemi a statistickými vlastnostmi (hustotou pravděpodobnosti, momenty – centrálním, 1. řádu, 2. řádu). Stochastické signály mohou být stacionární nebo nestacionární, kdy statistiky nebo frekvenční spektrum zůstávají stejné, popř. se mění v čase. Příkladem biosignálů tohoto typu mohou být signály EMG a signály spánkového EEG.

### 1.1.3 Artefakty

Vedle užitečného signálu se v naměřeném záznamu objevují artefakty. Artefaktem se v lékařské diagnostické technice rozumí část záznamu (biosignálu či obrazového signálu), která nemá fyziologický původ ve vyšetřovaném orgánu. Obvykle se artefakty dělí na **technické** a **biologické**. Mezi *technické artefakty*, vyskytující se především při zpracování bioelektrických signálů,

řadíme elektrostatické potenciály, rušení elektrorozvodnou sítí, impulsní rušivé signály, rušivá elektromagnetická pole a šum elektronických prvků a obvodů. Další typy technických artefaktů jsou specifické pro jednotlivé vyšetřovací metody. Zcela jiné artefakty se vyskytují např. u zobrazovacích metod, nebo při měření neelektrických biosignálů, jako jsou krevní tlak či tělesná teplota. Nejčastěji se projevující *biologické artefakty* jsou pohybové artefakty, artefakty vznikající vzájemným vlivem různých orgánů a artefakty dané biologickými rytmy.

### Technické artefakty

Elektrostatické potenciály vznikají např. vlivem špatného kontaktu elektrod s pokožkou. Mohou být vyvolány vysycháním elektrovedivého gelu či kontaktní pasty, kontaminací biologickým materiálem, změnami prokrvení tkáně v místě kontaktu či změnami jejího zásobení kyslíkem. Artefakty tohoto druhu vznikají také při elektrostatických výbojích v bezprostředním okolí elektrod či vstupních obvodů diagnostických přístrojů.

Rušení elektrorozvodnou sítí neboli síťový brum se do užitečného signálu zanáší kapacitními vazbami mezi tělem vyšetřovaného a jeho okolím, parazitními kapacitami mezi signálovým vedením a jeho okolím, elektromagnetickou indukci a vlivem parazitních vazeb v elektrických obvodech diagnostických přístrojů. Eliminujeme jej filtrací.

Stejnými cestami jako síťovým brumem je užitečný signál zanášen impulsním rušivým signálem, pocházejícím ze spínaných zdrojů nebo elektromotorů, či vznikajícím při zapínání a vypínání elektrospotřebičů. Zdrojem impulsního rušení jsou i číslicové obvody, jedná se o rušení přenášené např. z počítače jeho komunikačním rozhraním. Obdobné artefakty mohou vznikat také při přepínání svodů, především u vývojově starších diagnostických přístrojů, vybavených mechanickými přepínači.

Rušivá elektromagnetická pole se projevují při měření biomagnetických signálů, nejsou-li řádně odstíněna či eliminována jiným způsobem, např. odstraněním zdroje rušení z dosahu diagnostického přístroje. Výrazným zdrojem artefaktů při záznamu bioelektrických i biomagnetických signálů jsou

mobilitní telefony, které často úplně znemožní správné fungování diagnostického přístroje.

Vlastní šum elektronických prvků a obvodů se projevuje u analogové části vstupních obvodů diagnostických přístrojů, a to u aktivních i pasivních prvků, patří sem šum tepelný i kontaktní. Výhodou číslicového zpracování signálu je mimo jiné odolnost proti těmto (a výše zmíněným) rušivým vlivům.

### Biologické artefakty

Při pohybu rozhraní elektroda-elektrolyt dochází k porušení na něm vytvořené dvouvrstvy elektrického náboje. Změna koncentrace iontů u rozhraní se projeví dočasnou změnou půlčlánkového potenciálu, čímž vzniká chyba měření, kterou nazýváme pohybovým artefaktem.

Vzájemný vliv různých orgánů se projevuje při snímání jejich bioelektrických signálů. EKG signál je modulován v rytmu dýchání, u EEG představují signály EKG a EOG artefakty. Při záznamu EMG konkrétního svalu jsou artefakty způsobeny okolními svaly.

Biologické rytmy lze pozorovat v buňkách, organismech i v celých populacích. Bylo zjištěno a popsáno, že tyto rytmy ovlivňují průběh biosignálů některých orgánů, především mozku. Doba trvání jednoho cyklu může být řádově milisekundy až roky. Např. cirkadiánní rytmus, spojený se střídáním dne a noci, je u savců řízen hypothalamem a má přímý vliv na produkci hormonů a mozkovou aktivitu. Jiné biorytmy ovlivňují trávení či tělesnou teplotu. Ovariální cyklus ovlivňuje některé biosignály u žen. Rytmy s různými periodami mohou být navíc vzájemně svázané.