



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



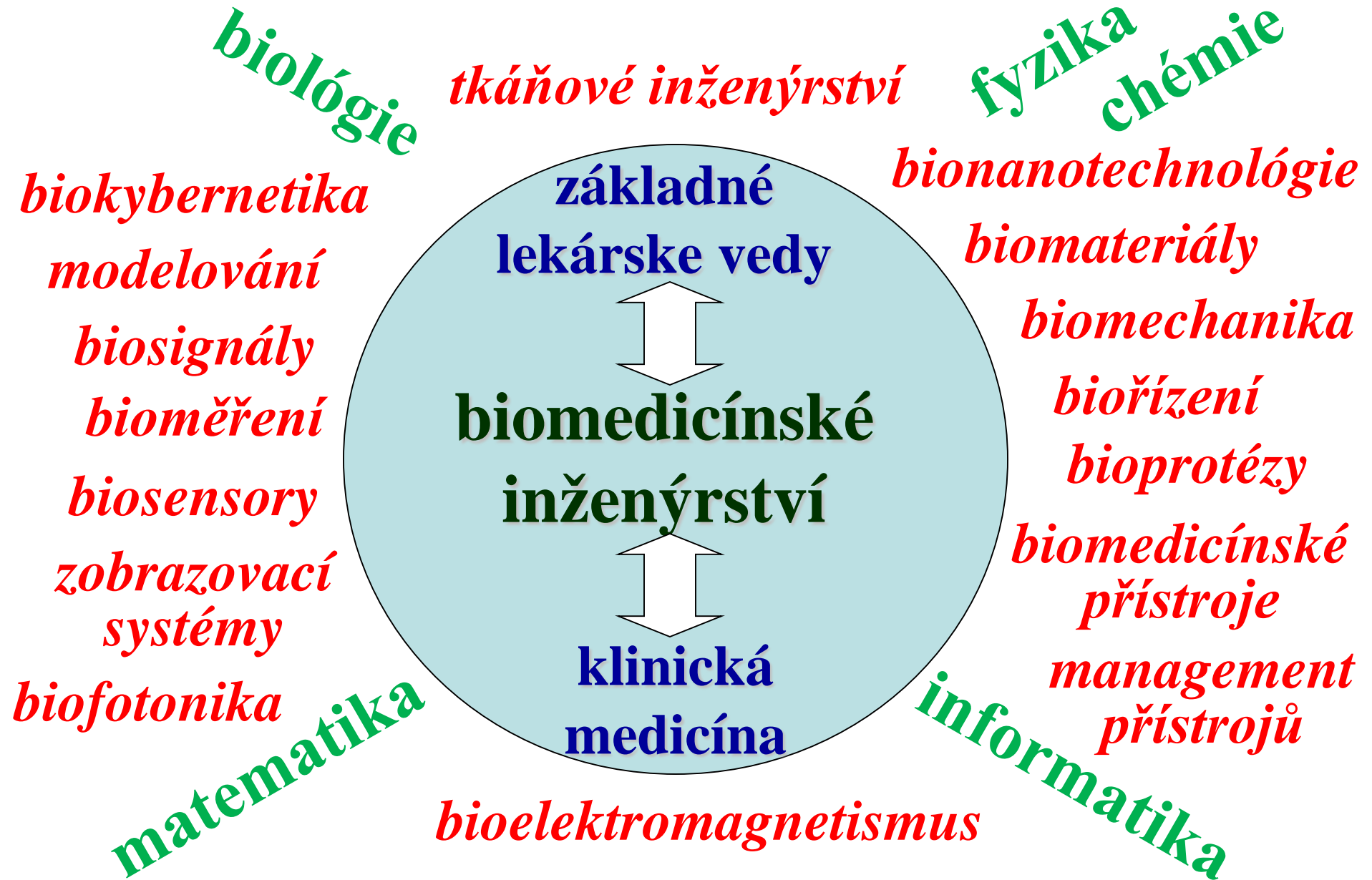
Biosignály - úvod

prof. Ing. Peter Kneppo, DrSc.

Co je to biomedicínské inženýrství?

- Biomedicínské inženýrství je interdisciplinární obor který technické principy inženýrství aplikuje na řešení problémů biologie a medicíny.
- Aplikuje kvantitativní, analytické, i integrační metody od molekulární úrovně až po celý organismus
 - pro podporu pochopení základních biologických procesů a
 - pro vývoj inovačních přístupů, metod a přístrojů pro prevenci, diagnosu a léčení nemocí.

Co je to biomedicínské inženýrství?



Definice zdraví

- Stav úplné tělesné, duševní a sociální pohody, a ne jen pouhou nepřítomnost nemoci či slabosti (WHO 7. 4. 1948)
- Vymezuje zdraví jako ideální stav, neumožňuje však **objektivní měření zdraví**
- Doplněk definice – **snížení úmrtnosti**, nemocnosti a postižení v důsledku zjištěných nemocí a nárůst **pociťované úrovně zdraví** (WHO 2001)

Trh zdravotních služeb

(vyplývá z Arrowovy charakteristiky zdravotnického trhu):

Bezkonkurenčnost trhu zdravotních služeb

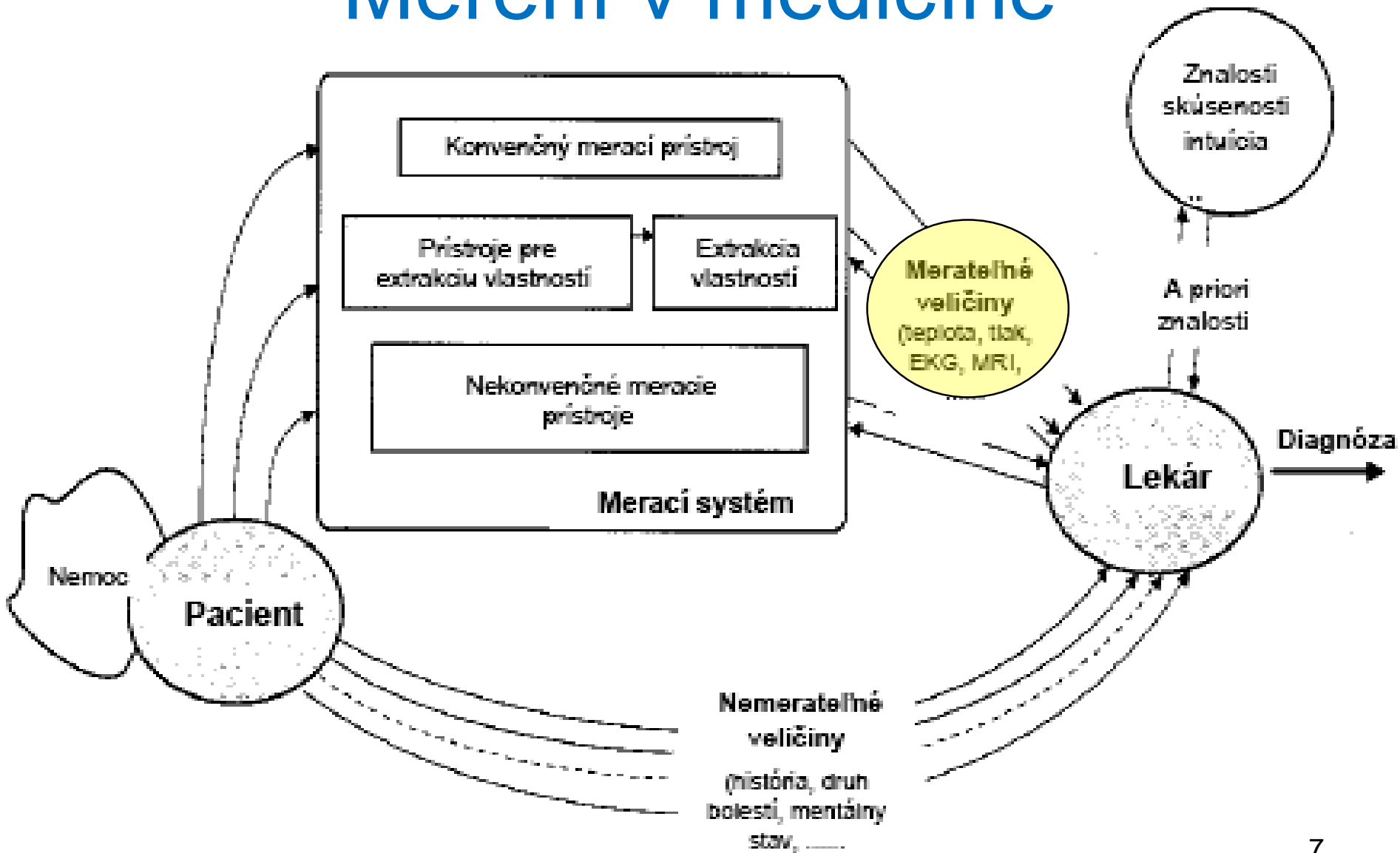
Standardní trh s konkurencí	Trh ve zdravotnictví
■ mnoho prodávajících	➤ omezený počet nemocnic
■ podnikání pro max. zisk	➤ většina nemocnic je neziskových
■ homogenní komodity	➤ heterogenní komodity
■ dobře informovaný kupující	➤ neinformovaný pacient
■ přímé platby spotřebitelů	➤ neadresní platby pacientů, přímo malá část

Kenneth Joseph Arrow ([23. srpna 1921 New York](#) – [21. února 2017, Palo Alto, Kalifornie](#)) byl [americký ekonom](#), [matematik](#), spisovatel a politický teoretik,

Měření

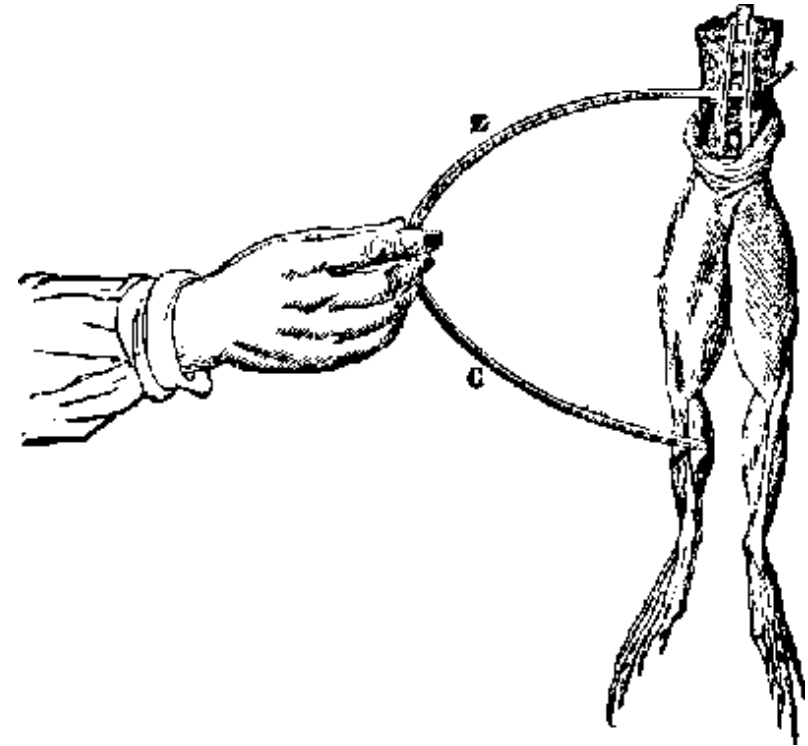
- Měření je kvantitativní (číselné) zkoumání geometrických, fyzikálních a dalších vlastností předmětů (jevů, procesů), obvykle porovnáváním s obecně přijatou jednotkou. Výsledkem měření je tedy číslo, které vyjadřuje poměr zkoumané veličiny k jednotce, spolu s uvedením té jednotky. Význam měření je hlavně v tom, že:
 - charakterizuje měřenou veličinu mnohem přesněji než kvalitativní údaje (např. dlouhý, teplý, těžký);
 - měření lze opakovat a výsledky porovnávat;
 - výsledek lze zpracovávat matematickými prostředky, zejména ve vědách.
- V širším slova smyslu, ve společenských vědách, v ekonomii aj. se měřením rozumí jakékoli kvantitativní zkoumání, například dotazníkovým šetřením, jehož výsledky lze zpracovávat statisticky. V tomto ohledu lze tedy libovolné měření charakterizovat jako způsob získávání číselných informací o okolí či o pozorovaných jevech a procesech.

Měření v medicíně



Luigi Galvani

- Italský profesor medicíny **Luigi Galvani** 6. listopadu pitval mrtvou žabičku, která ležela na zinkové desce.
- Při každém doteku jeho skalpelu sebou žába zacukala. Po několika opakovaných pokusech tak profesor usoudil, že v žabích stehnech je elektrina, protože sebou zaškubala vždy, když se dotkli dvou různých kovů.



Dělení biosignálů podle:

a) podle vzniku

- **Pasivní biosignály:** jsou založeny na principu interakce dodaného signálu s organismem. V tomto případě sledujeme zpravidla míru zmenšení, specifickou absorpci popřípadě odraz vyslaného signálu.
- **Aktivní biosignály:** zdrojem energie je sám organismus, k jejich měření stačí pouhé snímání bez potřeby dalších zdrojů. Nejčastěji souvisí s přesunem elektrického náboje (např. nervové buňky), může se ale jednat i o energii mechanickou (např. tlak v krevním řečišti).

Dělení biosignálů podle:

b) podle fyzikální podstaty

- **Elektrické** biosignály: jsou výsledkem elektrochemických pochodů uvnitř buňky nebo mezi buňkami. Změny v potenciálech lze měřit pomocí [elektrod](#) umístěných na povrchu organismu (hovoříme o plošných elektrodách). Příkladem jsou signály jako [EKG](#), [EEG](#) a další. Dále můžeme použít elektrody jehlové, které se vbodávají přímo do svalů (např.: [EMG](#))
- **Neelektrické** biosignály: jsou založené na hydrodynamických, mechanických, akustických, termických, optických nebo chemických vlastnostech vyšetřovaného objektu. Mezi nejběžněji využívaná vyšetření tohoto typu patří zjišťování a monitorování krevního tlaku nebo teploty organismu. Do této kategorie řadíme auskultaci – vyšetření poslechem (např. fonendoskop) a [Perkuse](#) – vyšetření poklepem na základě rezonančních vlastností vyšetřované struktury.

Dělení biosignálů podle:

c) podle rozměru signálu

- **Jednorozměrné** biosignály: jedná se o časovou posloupnost hodnot sledovaného biosignálu (např. teplotní průběh) nebo o časovou posloupnost vektorů naměřených hodnot (např. [EKG](#)-trojice hodnot z končetinových svodů, základní číselné údaje o pacientovi).
- **Dvojměrné** biosignály: jedná se o řadu hodnot získanou v jednom čase na předem stanoveném dvojměrném místě. Výsledkem jsou většinou obrazová data (rentgenový snímek, fotografie). Mezi přístroje umožňující získání dvojměrných signálů patří [CT](#), [ultrazvuk](#), [rentgen](#) a další.
- **Trojměrné** biosignály: jedná se o biosignál změřený s ohledem na prostorové rozložení jeho zdrojů. Setkáváme se s nimi u 3D ultrazvuku či [CT](#).

Dělení biosignálů podle: :

d) podle místa vzniku (biosignály jsou hierarchicky uspořádány podle oblasti vzniku a svého působení, můžeme je tedy rozdělit do jednotlivých úrovní)

- **Subcelulární** – sledující děje uvnitř [buňky](#) (např. pohyb iontů)
- **Celulární** – signály mezi jednotlivými buňkami (např. přenos akčních potenciálů)
- **Subsystem** – soubor určitých buněk se společnou nebo na sobě závislou funkcí (např. MUP – vyšetření funkčního propojení v okruhu motorické jednotky, [EMG](#) - elektromyografie)
- **Orgán** – záznam sumačních potenciálů určitého orgánu (např.: [EEG](#) - elektroencefalografie, [EKG](#) - elektrokardiografie)
- **Celý organismus** – sledování organismu jako celku (např. stabilometrie – diagnostika stability vzpřímeného postoje)

Podle původu či vzniku je možné biosignály členit do následujících typů

- ***Elektrické biosignály***

Tyto biosignály jsou generovány nervovými a svalovými buňkami. Jsou výsledkem elektro-chemických procesů uvnitř buněk a mezi buňkami. Pokud na nervovou nebo svalovou buňku působí stimul silnější než prahová hodnota dráždění, buňka generuje akční potenciál. Celkový akční potenciál, reprezentující tok iontů buněčnou membránou, můžeme měřit užitím nitrobuněčných mikroelektrod. Akční potenciály excitovaných buněk jsou přenášeny na přilehlé buňky a mohou vytvořit elektrické pole v odpovídající biologické tkáni. Změny v mezibuněčných potenciálech lze snímat elektrodami na povrchu orgánu nebo organismu jako časový průběh biosignálu. Příkladem jsou signály EKG, EEG, EMG, FEKG, EGG, ENG a další.

- ***Impedanční biosignály***

Impedance tkání nesou významné informace o jejich skladbě, perfusi, objemu krve, nervové a endokrinní aktivitě apod. Impedanční biosignál se získává povrchovými nebo vpichovými elektrodami při aplikaci malých proudů ($20 \mu\text{A} \div 2 \text{mA}$) na frekvencích $50 \text{kHz} \div 1 \text{MHz}$. Frekvence bývá volena s ohledem na minimalizaci polarizace elektrod, proud s ohledem na tepelné poškození tkání. Tato impedanční měření se obvykle provádí se 4 elektrodami – dvě zdrojové a dvě měřicí. Metoda bývá označována jako impedanční pletysmografie nebo reografie.

Podle původu či vzniku je možné biosignály členit do následujících typů

- ***Magnetické biosignály***

Řada orgánů v těle, jako srdce, mozek 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. Měření těchto biosignálů je však velmi náročné, protože se jedná o úrovně intenzit magnetických polí o několik řádů nižších než je pole geomagnetické.

- ***Akustické biosignály***

Mnoho fyziologických jevů je provázeno nebo vytváří akustické signály nebo akustický šum. Měření těchto signálů přináší další informace při hodnocení funkce významných orgánů. Tok krve srdečními chlopněmi nebo cévami vytváří typické akustické signály. Stejně tak průtok vzduchu horními i dolními dýchacími cestami v plicích vytváří akustické signály známé jako šelesty dýchání, kašel, chrápání. Zvuky jsou také generovány v zažívacím traktu a v kloubech. Snímání akustických biosignálů se provádí mikrofony nebo akcelerometry.

Podle původu či vzniku je možné biosignály členit do následujících typů

- ***Optické biosignály***

Optické biosignály jsou výsledkem pozorování optických vlastností biologického systému – organismu vyskytujících se samovolně nebo indukovaně při měření. Je známo, že okysličení krve, saturace kyslíkem, může být hodnocena 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.

- ***Tepelné biosignály***

Tepelné biosignály spojitého nebo diskrétního charakteru nesou informace o teplotě tělesného jádra nebo rozložení teplot na povrchu organismu. Měřené teploty jsou výrazem fyzikálních a biochemických procesů probíhajících v organismech. Měření probíhá obvykle kontaktním způsobem užitím nejrůznějších typů teploměrů. Speciální oblastí je využití signálů z oblasti infračerveného záření, které jsou snímány bezkontaktně ve 2D formátu termovizní kamerou.

Podle původu či vzniku je možné biosignály členit do následujících typů

- ***Radiologické biosignály***
Tyto biosignály 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 biosignály***
Vznikají interakcí ultrazvukového vlnění s tkáněmi organismu. Nesou informace o akustických impedancích biologických struktur a jejich anatomických změnách. Snímány jsou sondami s piezoelektrickými měniči, zpracovávány a zobrazovány ve 2D nebo 3D formátu. Speciální formou ultrazvukových biosignálů jsou dopplerovské signály nesoucí informace o velikosti, směru a charakteru toku krve ve významných cévách nebo dutinách srdce.

Podle původu či vzniku je možné biosignály členit do následujících typů

- ***Chemické biosignály***
Za chemické biosignály 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. Významné jsou i parciální tlaky kyslíku pO_2 a oxidu uhličitého pCO_2 v krvi nebo respiračním systému. Zásadní význam má i pH krve. Chemické biosignály jsou nejčastěji velmi nízkých frekvencí, stejnosměrné nebo pomalu se měnící.
- ***Mechanické biosignály***
Každý mechanický biosignál má původ v některé z mechanických funkcí či činností biologického systému – organismu. Tyto signály jsou odvozené z pohybu, přemísťování, z tlaku a mechanického napětí nebo průtoku. Měření těchto biosignálů vyžaduje užití nejrůznějších snímačů. Typickým příkladem je nepřímý způsob měření tlaku krve, fonokardiografie, snímání karotidogramu a další.

Použité zdroje

- Jiří Rozman a kolektiv: Elektronické přístroje v lékařství, Academia, 2006, str. 406, EAN: 9788020013088, ISBN 8020013083
- HEŘMAN, Petr. Biosignály z pohledu biofyziky. 1. vydání. Praha : Dúlos, 2006. 63 s. ISBN 80-902899-7-5.
- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. Medicínská biofyzika. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- The biomedical engineering handbook by Joseph D Bronzino, 2006
- Publisher Boca Raton : CRC/Taylor & Francis