

# Monitoring glukózy v tele

## Spôsoby merania glukózy

Na meranie hladiny glukózy v krvi sa momentálne používajú 2 spôsoby:

### Amperometrický spôsob

Amperometrické glukózové senzory sú spomedzi ostatných senzorov jednoznačne najpoužívannejšie. Z chronologického hľadiska ich môžeme rozdeliť do 2 generácií, obe fungujúce podobne, na základe elektrochemickej metódy, a to konkrétne na princípe glukózaoxidázových reakcií a meraní prúdu spôsobeným týmito reakciami.

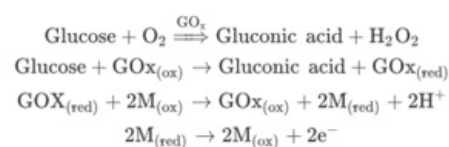
**Prvá generácia** funguje na základe oxidácie glukózy za vzniku peroxidu vodíka. Peroxid je následne elektrolyticky rozložený na kationy vodíka a anióny kyslíka. Anióny oxidujúce sa na anóde generujú prúd záporne nabitých častíc-elektrónov, ktoré sú merané ako elektrický prúd.

**Druhá generácia** opäť využíva redukčnú vlastnosť glukózy. Tentokrát je ale zdroj prúdu generovaný enzymatickou reakciou obyčajne medzi glukózou, enzýmom a mediátorom, a to nasledujúcim spôsobom: Glukóza má redukčné vlastnosti- svojou oxidáciou na kyselinu glukónovú redukuje enzým GOx, ktorý následne redukuje mediátorové ióny M(ox) na M(red). M(red) sa opäť spätne oxidujú na povrchu elektródy. Tento oxidačný proces dal vznik záporne nabitým časticiam, ktoré sú merané elektródou ako elektrický prúd.

### V oboch prípadoch dokážeme vďaka veľkosti prúdu stanoviť glykémiu.

Najpoužívanjším materiálom pri výrobe týchto senzorov sú v poslednej dobe **nanokonštruované materiály** (t.j. materiály, ktorých štruktúrny motív sa pohybuje v oblasti jednotiek až stoviek nanometrov). Neustále sa vyvíjajú nové a nové inovatívne štruktúry, s cieľom minimalizovať primárny odpor a zároveň maximalizovať ich katalytickú aktivitu.

Najslubnejším nanokonštruovaným materiálom pre senzory sa javia byť **nanovlákná**, a to z dôvodu regulovateľného prenosu elektrónov pozdĺž týchto nanovláken a ich veľkej povrchovej plochy (na rozdiel od napríklad nanorúrok), čím je maximalizovaná ich reaktivita. Bohužiaľ, aj tu nastáva komplikácia- sú to zväčša polovodiče. Ich slabá vodivosť musí byť preto kompenzovaná vložení ďalších nanočastíc kovu, napríklad striebra alebo zlata, čo na jednej strane senzory predražuje, na druhej strane však ešte viac zlepšuje ich katalytickú aktivitu.



[1]

### Fotometrický spôsob

Fotometrické glukózové senzory fungujú na princípe reflaktačnej fotometrie. Opäť sa pri nich stretávame so sledom enzymatických reakcií. Podobne ako v prvej generácii senzorov fungujúcich na amperometrickom princípe, aj v tomto prípade vzniká peroxid vodíka. Tentokrát však nie je ďalej rozkladaný, ale reaguje s nefarebným chromogénom za vzniku farebného produktu. Novovzniknutý farebný produkt je vo vnútri prístroja LED osvetlený a odrazené svetlo je meračom rozpoznávané a prepočítané na zodpovedajúcu hladinu krvnej glukózy.

Senzory fungujúce na fotometrickom princípe sú však častokrát chybové, nepresné (napr. z dôvodu vonkajšieho osvetlenia), pomalé (dlhá doba reakcie) a vyžadujúce si pravidelnú kalibráciu, kvôli čomu sú už v dnešnej dobe považované za zastaralé.

### Neinvazívne spôsoby merania

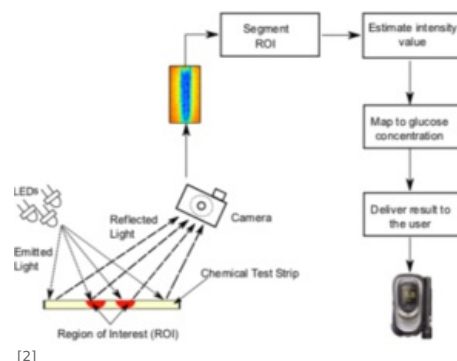
Neinvazívne metódy, t.j. metódy, ktoré by nám dovolili určiť veľnosť glykémie bez jej odberu sú momentálne len predmetom výskumu. Spomedzi navrhovaných metód môžeme vyzdvihnúť ako perspektívne napríklad Ramanovu spektroskopiu, fotoakustiku alebo iné technológie založené na transdermálnom prenose energie.

## Prístroje určené na monitoring glukózy

Prístroje spravidla delíme do dvoch skupín, a to na základe toho, či glukózu merajú jednorázovo z krvi, alebo kontinuálne z intersticiálnej tekutiny. V oboch z nich sa môžeme stretnúť ako s amperometrickým, tak aj fotometrickým spôsobom merania.

### Glukometre- Self-monitored blood glucose (SMBG)

Glukometre merajú hladinu glukózy z krvi získanou po vpichu lancetou a nanosenou na indikačný prúžok. Po nanosení vzorky a jej vyhodnotením glukometrom si diabetik podá potrebné množstvo inzulínu.



[2]

## Senzory- Continuous glucose monitoring systems (CGMS)

Senzory sú zariadenia pre monitoring glykémie, ktoré nemerajú hladinu glukózy z krvi, ale z medzibunkovej tekutiny v podkoží, a to na rozdiel od glukometrov nie jednorázovo, ale kontinuálne. Oproti spomínaným glukometrom sú nimi namerané hodnoty však vždy asi 15 minút oneskorené, a to z dôvodu transportu glukózy z krvi do medzibunkovej tekutiny. Senzory sú spravidla externé, t.j. na koži. Implantované senzory ponúka momentálne len jeden výrobca na trhu (zariadenie Eversense od firmy Senseonics). Rozoznávame dva druhy senzorov: senzory CGM- continous glucose monitoring, alebo FGM- flash glucose monitoring.

### CGM

Hladinu glukózy v krvi sleduje kontinuálne, každých 3-5 minút. Výhodou tohto senzoru je detekcia hypo- a hyperglykémie, automatický alarm pri presiahnutí daných hraničných hodnôt atď., čo samotné testovanie z prsta nedokáže. Zároveň môže byť zakomponovaný do systému APS (viď nižšie). Patria sem napríklad zariadenia Dexcom a Eversense.

### FGM

Hladinu glukózy tiež sníma kontinuálne, ale vyhodnotí ju len po priložení tzv. vyhodnocovacej jednotky/čítačky/mobilu k senzoru umiestnenému na tele.

Predovšetkým v posledných rokoch môžu byť senzory prepojené dokonca aj s mobilom alebo inteligentnými hodinkami, vďaka čomu má človek s diabetom informácie o metabolizme glukózy vo svojom tele doslova pod palcom.

## APS- Artificial pancreas system

CGM/kontinuálne sledovanie glukózy v tele je nevyhnutné pre funkčnosť tzv.**APS- artificial pancreas system** alebo aj systému uzavretého okruhu, ktorý napodobňuje v tele funkciu pankreasu. V uzavretom okruhu senzor komunikuje s inzulínovou pumpou, ktorá na základe ním stanovených hodnôt dávkuje telu potrebné množstvo hormónu, a to nielen inzulínu, ale pre čo najdokonalejšie napodobnenie pankreasu v najnovších pumpách dokonca aj glukagónu (systém od firmy Beta-Bionics). Celý systém dovoľuje jeho užívateľovi lepší prehľad o hladinách glykémie a presnejšie dávkovanie, čím mu zaručuje celkovo väčšiu pohodlnosť a možnosť pre plnohodnotnejší život.

Systém APS si diabetik môže skonštrovať v podstate sám, avšak spoľahlivosť systému plne závisí na jeho správnej inštalácii a nastavení jeho používateľom, pričom sám je výlučne zodpovedný za dostatočné naštudovanie problematiky a používanie systému ako celku. Prvé licencie pre oficiálnych výrobcov APS boli udelené len v roku 2016 a sú aj naďalej predmetom neustáleho výskumu pre svoj prakticky nekonečný potenciál pre zdokonaľovanie.

### Použitá literatúra

- 1) H. GLEITER, Nanostructured materials: basic concepts and microstructure, doi: [https://doi.org/10.1016/S1359-6454\(99\)00285-2](https://doi.org/10.1016/S1359-6454(99)00285-2)
- 2) Current concepts in blood glucose monitoring, Kranti Shreesh Khadilkar, Tushar Bandgar, Vyankatesh Shivane, Anurag Lila, and Nalini Shah, doi: <https://dx.doi.org/10.4103%2F2230-8210.123556>
- 3) A photoelectrochemical sensor for highly sensitive detection of glucose based on Au-NiO1- x hybrid nanowires, Lanfang Wang, Wenbo Lu, Weiqi Zhu, Hao Wu, Fang Wang, Xiaohong Xu doi: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127330>
- 4) Noninvasive glucose monitoring using mid-infrared absorption spectroscopy based on a few wavenumbers, Ryosuke Kasahara, Saiko Kino, Shunsuke Soyama, and Yuji Matsuura, doi: <https://dx.doi.org/10.1364%2FBOE.9.000289>

### Související články

- Glukóza
- Diabetes mellitus

### Reference

1. John X.J. ZHANG, Kazunori HOSHINO, Molecular Sensors and Nanodevices, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-7631-3.00004-1>
2. Nevine DEMITRI , Abdelhak M. ZOUBIR, Measuring Blood Glucose Concentrations in Photometric Glucometers Requiring Very Small Sample Volumes, doi: <https://doi.org/10.1109/TBME.2016.2530021>