

## Testen hordható, nanoréteggel bevont orvosi eszközök

A testen hordható orvosi eszközök folyamatosan elláthatják a betegeket a szükséges mennyiségű gyógyszerrel vagy folyamatosan ellenőrizhetik a páciens állapotát. A mért adatokat automatikusan küldik a velük összekötött egészségügyi intézménybe, ez által a rászoruló gyors segítséget kaphat, ami életet menthet meg. A gyorsan terjedő eszközök az egészségügyi szervezetek terhelését is csökkentik, és a biztosítók számára szintén hasznosak. Ezek az eszközök azonban csak akkor válnak be, ha adataik tökéletesen megbízhatók. Egy új technológia, a nanoréteges bevonás ezt a megbízhatóságot szavatolja.

*Tárgyszavak: orvostechnológia; gyógyászat; hordható eszközök; nanotechnológia; nanobevonat.*

A folyamatosan aktív, feladatukat ellátó vagy a beteg állapotát ellenőrző, emberi testen hordható (más szóval viselhető) orvosi eszközök száma rohamosan növekszik, *számuk világszerte 2023-ig meg fogja haladni a 120 milliót.* Ezek az eszközök nemcsak mérnek, adagolnak, ellenőriznek, hanem adatokat rögzítenek, és azokat továbbítják akár egy távoli egészségügyi intézménybe is, ahol, ha szükséges, be tudnak avatkozni egy betegség lefolyásába vagy segítséget tudnak küldeni a rászorulóknak.

A testen viselhető orvosi eszközök 2020-as eladásainak értékét 7,4 milliárd USD-re becsülik, 2025-re ez elérheti a 19,5 milliárd USD-t; azaz évente 21,4%-os növekedésre számíthatnak. A várakozások azonban csak akkor teljesülhetnek, ha a hordható eszközök megfelelően megbízhatók lesznek, és ha képesek lesznek elviselni azokat a környezeti körülményeket, amelyeknek a ruhátlan emberi testen ki lehetnek téve. Itt ellen kell állniuk különböző sóknak, verítéknek, mosdáshoz és testápoláshoz használt szereknek, ionizált víznek, nedvességnek, szennyeződésnek, korrózióknak. Mindezek negatívan hathatnak az eszközök működésére: a funkcionalitásra, a megbízhatóságra, a stabilitásra.

A hordható orvosi eszközöket gyártók ezeket a veszélyeket az eszközök tokjaival, házával és tömítésekkel igyekeztek kiküszöbölni. Újabban azzal kísérleteznek, hogy nanoméretű védőréteggel vegyék körül az eszköz külső felületét. Ettől azt remélik, hogy a réstmentes, vékony réteg minden külső idegen anyag behatolását lehetetlenné teszi, ami által semmilyen külső hatás nem befolyásolhatja a funkcionalitást, a megbízhatóságot, a stabilitást, ezért megnöveli az eszköz élettartamát, fokozza az eszköz iránt érzett bizalmat, elkerülhetik a bizalmat megrendítő esetleges visszahívásokat.

### Amit a hordható orvosi eszközökről tudni kell

A hordható orvosi eszközök a testen kívül viselt (behatolás nélküli, ún. nem-invazív) tárgyak, amelyek automatikusan és folyamatosan képesek ellátni egy beteget gyógyító felada-

tot (pl. a gyógyszeradagolást), vagy folyamatosan képesek ellenőrizni a beteg állapotát. Ezek az „okos” eszközök működésük alatt egyszerre többféle tudományos szakterület – közöttük az anyagtudományok, az elektronika, a biomedikus technológia és a biomedika – újdonságait alkalmazzák. Emellett adatokat vesznek fel és tárolnak, sőt azokat akár távoli egészségügyi intézményekbe is képesek továbbítani.

### *Az alapvető hordható eszközök*

A testen viselhető eszközök választéka meglehetősen nagy. Ide sorolandók a fitness-okosórák, az intelligens egészségügyi órák, a hordható EKG monitorok, vérnyomásmérők és más bioszenzorok. Az egészségügyi központokba bekötött hordható EKG készülékek pl. folyamatosan küldik az adatokat a páciens szívritmusáról, vérnyomásáról; de ellenőrizhetik a légzés ritmusát, a vér oxigénkoncentrációját és cukortartalmát, a bőr verejtékezését, a test hőmérsékletét vagy érzékelhetik a mozgást is.

### *A hordható eszközök sokféle szenzort tartalmazhatnak*

A hordható orvosi eszközökbe nagyon sokféle érzékelőt lehet beépíteni, pl. gyorsulásmérőt, giroszkópot (szögsebességet mérő szenzor), kompaszt (iránytű), GPS-t, magasságmérőt, EKG szenzort, bőrhőmérőt, a bőr villamos ellenállását mérő érzékelőt. Ez jelzi a verejtékezést, ami a beteg biológiai állapotára (bioimpedancia) utalhat. A BIA (Bio-electrical Impedancia Analysis) segítségével adatokat lehet kapni a páciens folyadékháztartásáról és testtömegéről. Az eszközök tartalmazhatnak környezetet ellenőrző érzékelőket, LED szenzorokat is. Hogy a hordható eszközök funkcióiban és adataiban meg lehessen bízni, a tőlük elvárható legfontosabb tulajdonságok a hosszú időtartamú stabilitás és a kellő rugalmasság.

### *A hordható eszközök előnyei*

A hordható eszközökben társított technológiák révén az eszközöket viselők, az egészségügyi szervezetek és a biztosítók is rendkívül sok előnyhöz juthatnak. A pácienseket a testükön viselt eszközök arra ösztönzik, hogy pontosabban betartsák az orvosi utasításokat és tanácsokat. Az egészségügyi intézmények a korábbiaknál sokkal több adattal tudnak dolgozni; 2020 végéig mintegy 2,314 exabyte adat futott be hozzájuk. (1 exabyte =  $10^{18}$  byte). Ennek eredményeképpen jelentősen csökkent az egészségügy személyzet terhelése és szükséges létszáma is. Egy felmérés szerint a hordható eszközök révén 89%-kal sikerült megelőzni a szív- vagy lélegzőszervek leállását. Ennek a biztosító társaságok is örültek. 2016-ban az egészségügyi szervek szerint 42%-os költségmegtakarítást köszönhettek az orvosi eszközök internetje (IoHT. Internet of Health Things) alkalmazásának, amelybe a hordható eszközök is beletartoznak.

## **Az hordható orvosi eszközök gyártásának kihívásai**

A hordható orvosi eszközök választéka meglehetősen nagy, de valamennyivel szemben azonosak a követelmények: viselésük legyen kényelmes, kezelésük egyszerű, ne legyenek nehezek és nagyok, és mindenekelőtt legyenek biztonságosak és megbízhatóak.. A viselőjük elvárja, hogy zuhanyozás előtt kelljen leszedni magáról, majd nehézkesen visszahelyezni. A

legfontosabb azonban a megbízhatóság; az egészségügyi intézménybe küldött adatnak pontosnak és hitelesnek kell lennie. Egy rövidzárlat vagy korróziós hatás hirtelen leállíthatja az eszköz működését, vagy valótlan értéket közvetíthet. Ha ilyen esetek előfordulnak, az egészségügyi szervezetek bizalma megrendül, és elfordulhat ettől a technikától. Az eszközöket tehát meg kell védeni mindazoktól a veszélyektől, amelyeket a korábbiakban felsoroltunk.

A gyártók eddig is igyekeztek hermetikusan megvédeni eszközeiket a külvilág károsító hatásaitól. Ezért az eszközöket jól záró tokokba, házakba bújtatták, és a kritikus helyeken tömítéseket alkalmaztak. A házak azonban meglazulhatnak, a tömítések elmozdulhatnak. Ezért újabban arra törekszenek, hogy nanoréteges bevonattal zárják el a hordható orvosi eszközök belsejét mindenféle veszélytől.

## Védelem nanobevonattal

Az újabban kifejlesztett nanobevonattal megnövelhető a hordható orvosi eszközök élettartama, mert nemcsak jó védelmet biztosít az eszközöknek, de ha szükséges, javítható is. Összetételétől függően az eszköz felületi mechanikai, termikus vagy villamos tulajdonságai is módosíthatók vele. A nanobevonat könnyen tisztítható, jól tűri a fertőtlenítést és a sterilizálást, emellett bármilyen környezeti hatást változás nélkül elvisel.

A plazmabázisú nanobevonat lényegében egy funkcionált filmréteg, amely gyakran taszítja a vizet, azaz hidrofób. Feladata ugyanolyan, mint az eszköz belsejében alkalmazott elektronikus alkatrészeket is védő bevonatoké, amelyek az alkatrészeket a külső hatásoktól védik. A szokásos bevonatoktól abban tér el, hogy az eszközt a legdurvább hatásoktól is tartósan védi, bár vastagsága a nanométeres tartományba esik, ennek ellenére a hordható eszköznek IP védettséget szavatol. [Az IP-besorolást Magyarországon az MSZ EN 60529:2015 „*Villamos gyártmányok burkolatai által nyújtott védettségi fokozatok (IP-kód)*”, nemzetközileg az IEC 60529:1989 szabvány írja le. A védettség mértékét gyakorlati vizsgálatok alapján határozzák meg.]

A nanoméretű bevonat alkalmazásával a hordható orvosi eszközök gyártói a felhasználók valamennyi elvárásait ki tudják elégíteni:

- a hajszálvékony bevonat minimálisan növeli az eszköz tömegét és méretét,
- a nanoréteggel ellátott eszközök szavatolják az általuk mért adatok megbízhatóságát és elérik a piaci forgalomban megkövetelt IP fokozatot,
- a hordható készülékek vízállóak, fürdés vagy úszás előtt nem kell őket levenni,
- a megbízható eszközök megbízható adatokat szolgáltatnak, ezért az egészségügyi szervek azokat hitelesnek tekinthetik.

A gyártóknak sikerült minden kétséget eloszlatniuk, ezért abban bíznak, hogy a hordható orvosi eszközök piaca tovább bővül, és további új, az eddigieknél is durvább körülmények között is alkalmazható változataik segíthetik majd a jövőben az egészségügyet és a rászorulókat.

Összeállította: Pál Károlyné

Pulai, Zs.: Redefining reliability: protective nanocoatings and the new wave of medical wearables = MD+DI OMED Medical device and diagnostic industri,  
[https://www.mddionline.com/materials/redefining-reliability-protective-nanocoatings-and-new-wave-medical-wearables?ADTRK=InformaMarkets&elq\\_mid=15348&elq\\_cid=920141](https://www.mddionline.com/materials/redefining-reliability-protective-nanocoatings-and-new-wave-medical-wearables?ADTRK=InformaMarkets&elq_mid=15348&elq_cid=920141)