

Kontrola EKG křivek lékařem či biomedicínským technikem zůstává důležitá, protože z praxe je evidentní, že zhruba 20 % EKG záznamů, které ke zhodnocení obdrží telemedicínské centrum, obsahuje nějakou algoritmem nerozpoznanou abnormalitu srdečního rytmu.

## Dálkové monitorování srdečních implantátů založené na aplikaci v chytrém telefonu

Další nejvyužívanější metodou telemedicíny v kardiologii je dálkové monitorování implantabilních přístrojů. Dálkové monitorování umožňuje arytmologickým centřům přístup k diagnostickým datům pacientů a dálkové načtení paměti implantabilních přístrojů. Časný přístup k datům z trvalých kardiostimulátorů a implantabilních kardioverter-defibrilátorů (TKS, ICD) usnadňuje monitorování stavu pacienta a umožňuje optimální nastavení léčby arytmií, kontrolu kardiální kompenzace a kontrolu technického stavu implantátu. Mezi perspektivní sledované parametry lze zahrnout:

- Pravidelné sledování poklesu kapacity baterie, čímž lze odstranit četné ambulantní kontroly před dosažením doporučené výměny implantátů.
- Časné zachycení malfunkce implantátu, které může eliminovat život ohrožující stavy, jako jsou poškození stimulační elektrody u dependentního pacienta nebo poškození defibrilační elektrody vedoucí k neadekvátní terapii.
- Prevence progresu onemocnění, např. detekce asymptomatických benigních, ale i maligních arytmií může vést k časnějšímu klinickému řešení.

Spolehlivost a efektivita dálkového monitorace byla prokázána v klinické studii TRUST (1). Studie CONNECT se zaměřila především na klinické přínosy – zkrácení reakce na klinickou událost z 22 na 4,6 dne ( $p < 0,001$ ) a zkrácení doby hospitalizace pro kardiovaskulární příčinu ze 4,0 na 3,3 dne ( $p < 0,002$ ) (2). Opodstatnění dálkové monitorace byla také ověřena ve studii COMPAS v rámci detekce asymptomatických paroxysmů fibrilace síní, jako častou příčinu kardioembolizační cévní mozkové příhody (3). Ve skupině pacientů se srdečním selháním (NYHA II-III) s implantovaným ICD studie IN-TIME prokázala snížení celkové mortality 3,4 % oproti kontrolní skupině 8,7 % ( $p < 0,004$ ) (4).

Za celou dobu si svým vývojem prošly jak implantabilní přístroje, tak technologie jejich sledování. Modernizace komunikačních technologií otevřela novou dimenzi dálkového sledování implantabilních přístrojů, která přináší spolehlivost, efektivitu a ekonomický přínos. V České republice dlouhodobě nabízí služby dálkového monitorování přední výrobci implantabilních přístrojů (Abbott, Medtronic, Biotronik, Boston Scientific). Základem byla původně pacientská jednotka zprostředkávající zabezpečený přenos dat z implantátu na zabezpečený server (5). Dnešní koncept spoléhá na technickou gramotnost populace, cenovou dostupnost moderních technologií a nové Bluetooth komunikační rozhraní v implantabilních přístrojích. Pacientské jednotky jsou nahrazeny mobilní bránou, kterou představují chytré telefony vybavené kompatibilními aplikacemi, které jsou i volně stažitelné např. z Google play store či Apple store. Pro komunikaci s implantabilním přístrojem se využívá protokol Bluetooth Low Energy, používaný pro pomalejší pře-

nosy s nižším objemem přenášených dat a umožňující dvoutřetinovou spotřebu energie oproti původnímu řešení komunikace (6).

Implantabilní přístroje jsou přímo propojeny prostřednictvím aplikace s „chytrým“ zařízením (smartphone, tablet) pacienta (Obr. 3). Pacientské zařízení pak přenáší data z implantabilních přístrojů prostřednictvím mobilní sítě (příp. wifi sítě) na zabezpečený server, odkud jsou data distribuována arytmologickým či telemedicínským centřům. Vybrané informace jsou následně zaslány zpět do zařízení pacienta, kde jsou k dispozici pacientovi jako zpětná vazba (informace o úspěšnosti přenosu, varování a upozornění). Tento systém vyžaduje otevření aplikace na pozadí pacientova telefonu, aby mohla nepřetržitě probíhat komunikace, umožňující pasivní přenos dat v naplánovaných intervalech, respektive při detekci závažné události. Plán přenosů řídí implantační centrum prostřednictvím sítě serveru poskytovatele (výrobce implantabilního zařízení). Pokud má být proveden plánovaný přenos a pacient nemá otevřenou aplikaci, jsou automaticky odesílána upozornění pacientovi k aktivaci aplikace. Samozřejmostí aplikace je možnost aktivního přenosu, vyžadující interakci pacienta. Pacient může zaznamenat svůj zdravotní stav a označit případné příznaky (významné u implantabilních záznamníků). V aplikaci v závislosti na výrobci mohou být k dispozici přídatné funkce jako vzdělávací rozcestníky a také základní údaje o pacientově implantátu, které mohou sloužit jako jeho identifikační karta (Obr. 4) (7).

Kombinace funkcí obslužné aplikace ve spojení s přenositelným telefonem tvoří novou generaci monitorování implantabilních přístrojů, která by mohla zlepšit adherenci pacienta ke své léčbě, což povede k snížení počtů rehospitalizací a nákladů na zdravotní péči (8). Právě průzkum, jak pacienti rozumí používání aplikace a jaký je potenciál ovlivnění jejich léčby, byl náplní prospektivní mezinárodní multicentrické studie BlueSync Field Evaluation. Hodnocení ukázalo, že úspěšnost plánovaných přenosů pomocí aplikace v pacientově telefonu nebo tabletu byla 94,6 % a předčila tradiční přenosy bez závislosti na věku, typu zařízení a pohlaví (9).

## Využití umělé inteligence (AI) v arytmologii

Úskalím telemedicíny může být extrémní navyšování objemu dat a informací, které nemůže lékař sledovat na denní bázi. Dnešní doba však přináší nové pokročilé metody analýzy dat, přičemž jednou z nich je umělá inteligence. Umělá inteligence je obecné označení pro metody, které napodobují lidské uvažování. Umělou inteligencí se rozumí především strojové učení, resp. jeho podskupina – hluboké učení.

Strojové učení dokáže z expertem připravených příznaků vytvořit tzv. výpočtový model (různé složitý vzorec nebo program). K jeho sestavení jsou potřeba vstupy (zde příznaky, např. směrodatná odchylka RR intervalů, korelace po sobě jdoucích T-Q oblastí (10) atd.) a výstupy (např. informace, že je v dané oblasti fibrilace síní či nikoliv). Pokud existuje dostatečné množství takových párů vstup-výstup, lze model tzv. trénovat. Dostatečné množství dat se odvíjí od použité metody a počtu příznaků. Zatímco např. logistická regrese může být spolehlivá u vyšších desítek případů, tak např. na Random Forest modely je již potřeba stovek nebo lépe tisíců případů. Pro představu – v soutěži PhysioNet/CinC Challenge 2017 (11) (úloha – klasifikace záznamu do