

Liečba inzulínovou pumpou u detí s diabetes mellitus 1. typu

MUDr. Peter Repko, MUDr. Ľubomír Barák, CSc., doc. MUDr. Peter Čižnár, CSc.,
prof. MUDr. Ľudmila Podracká, CSc.

1. detská klinika LF UK a DFNSP – Detské diabetologické centrum SR, Bratislava

Cieľom liečby diabetes mellitus 1. typu je dosiahnutie tesnej glykemickej kontroly v snahe predísť chronickým komplikáciám. Medikamentózna liečba spočíva v substitúcii inzulínu intenzifikovaným inzulínovým režimom a je doplnená o diétny režim, pravidelnú fyzickú aktivitu a selfmonitoring glykémii. Intenzifikovaná inzulínová terapia zahŕňa liečbu pomocou viacerých injekcií inzulínu denne alebo pomocou inzulínovej pumpy. Randomizované kontrolované štúdie a metaanalýzy potvrdili vyššiu efektivitu liečby pomocou inzulínovej pumpy v porovnaní s použitím viacerých injekcií inzulínu denne u dospelých aj detských pacientov. Vyššiu efektivitu dosahuje inzulínová pumpa v zlepšení metabolickej kompenzácie diabetu, znížení výskytu hypoglykémii a znížení glykemickej variability. Dôležité je aj významné zvýšenie kvality života pacientov, ktorí sú liečení touto metódou. V predkladanom článku sumarizujeme základné charakteristiky súčasných možností liečby pomocou inzulínovej pumpy u detských pacientov s diabetom 1. typu, jej prepojenie s glukózovým senzorom a možné budúce smerovanie tejto liečebnej modality.

Kľúčové slová: inzulínová pumpa, CSII, CGMS, closed-loop

Insulin pump treatment in children with type 1 diabetes mellitus

The goal of the treatment of type 1 diabetes mellitus is to achieve tight glycemic control in order to prevent chronic complications. Basis of such therapy is supplementation of deficit insulin, augmented by specific diet regimen, regular physical activity and selfmonitoring of blood glucose levels. Intensive insulin therapy includes either multiple daily insulin injections or insulin pump usage. Randomised controlled studies and meta-analyses have evaluated insulin pump therapy as more effective compared to use of multiple daily insulin injections in both adults and children. High effectivity is reached by better metabolic control of diabetes and reduction of both hypoglycemia events and glycemic variability as well as by better quality of life. We summarize basic characteristics of recent options of insulin pump therapy, its opportunity to be connected with glucose sensor as well as the future course of this treatment in children with type 1 diabetes mellitus.

Key words: insulin pump, CSII, CGMS, closed-loop

Pediatr. prax, 2016, 17(3): 102–106

Úvod

Diabetes mellitus 1. typu je jedno z najčastejších chronických ochorení začínajúce v detskom veku. Ročná incidencia cukrovky hrozivo stúpa o 3 až 4 %, veľké obavy vyvoláva najmä stúpajúci trend výskytu v najmladšej skupine detí do 5 rokov. Cukrovka tak predstavuje celoživotnú záťaž nielen pre samotných pacientov, ale aj závažný problém pre celú spoločnosť. V súčasnosti je štandardnou medikamentóznou liečbou diabetu 1. typu intenzifikovaná inzulínová terapia. Cieľom substitúcie porušenej endogénnej sekrécie inzulínu je zachovať normoglykémiu a predchádzať chronickým mikro- a makrovaskulárnym komplikáciám (1). Doposiaľ najefektívnejšou a bezpečnou modalitou je liečba pomocou inzulínovej pumpy, ktorá zlepšuje kompenzáciu diabetu a zásadne zvyšuje kvalitu života pacientov. Princíp inzulínovej pumpy sa začal využívať už pred viac ako 35 rokmi. Za tento čas sa z „experimentálnej“ liečebnej metódy stala štandardná a široko prístupná terapeutická modalita, ktorá sa teší čoraz väčšej „popularite“ medzi diabetikmi.

História inzulínovej pumpy

Prvá inzulínová pumpa bola vyvinutá tímom kalifornského lekára Arnolda Kadisha v roku 1960. Inzulín aplikovala intravenózne a v rovnakom čase monitorovala aj koncentráciu glukózy vo venóznej krvi. Pre rozmery väčšieho batohu a nutnosť invazívnych venózných prístupov však bola v praxi takmer nepoužiteľná a nezožala veľkú pozornosť medzi odborníkmi a pacientmi. Ďalším míľnikom a na svoje časy až vizionárskym činom bolo vytvorenie prvej počítačom riadenej inzulínovej pumpy v roku 1974. Aj keď tieto pionierske prístroje boli vo svojej dobe klinicky takmer nepoužiteľné, stali sa vzorom súčasných automatických inzulínových púmp, ktoré poznáme pod označením closed-loop (uzavretá slučka), a ktoré sú dnes už používané v klinickom výskume (2).

Prvá inzulínová pumpa podobná dnešným pumpovým aplikátorom bola uvedená na trh tímom britských lekárov v roku 1978. Inzulín už nepodávala intravenózne, ale kontinuálne subkutánne – odtiaľ dodnes používaná

skratka CSII (continuous subcutaneous insulin infusion – kontinuálna subkutánna infúzia inzulínu). Pumpa aplikovala len jeden typ rýchlo účinkujúceho humánneho inzulínu ako prednastavenú bazálnu dávku a ďalšiu pacientom voliteľnú bolusovú dávku, keď rýchlosť podávania inzulínu stúpala 8-krát. Keďže bola závislá od ovládania pacientom, ujal sa pre takýto typ inzulínových púmp názov open-loop (otvorená slučka).

S technologickým vývojom sa inzulínové pumpy postupne zdokonaľovali, odstránili sa technické nedostatky a začali sa široko využívať v klinickej praxi ako jeden zo spôsobov intenzifikovaného inzulínového režimu. Základný rozdiel v porovnaní s liečbou viacerými injekciami inzulínu denne spočíva v aplikácii iba jedného typu rýchloúčinkujúceho inzulínu pre bolusové aj bazálne dávky. Od roku 1990, keď sa na trh uviedol prvý inzulínový analóg, sa v pumpách používajú predovšetkým rýchloúčinkujúce inzulínové analógy, ktoré dokážu vernejšie odpovedať najmä na postrandiálne elevácie glukózy.

Základné a doplnkové funkcie inzulínovej pumpy

Liečba pomocou inzulínovej pumpy oproti iným spôsobom intenzifikovaného inzulínového režimu spočíva v schopnosti pumpy takmer verne „kopírovať“ fyziologickú sekréciu inzulínu z B buniek pankreasu. Bazálnu sekréciu imituje vopred naprogramovaný bazálny inzulínový režim, keď pumpa aplikuje nepretržite malé množstvá inzulínu v krátkych intervaloch. Moderné pumpy ponúkajú možnosť 24 až 48 rýchlostí bazálnej aplikácie inzulínu počas dňa, no v klinickej praxi sa najčastejšie používa 5 rôznych rýchlostí, rešpektujúc fyziologicky zvýšenú potrebu inzulínu v závislosti od jeho meniacej sa senzitivity počas dňa a zohľadňujúc interindividuálne rozdiely (3). Stimulovanú sekréciu inzulínu pumpa imituje podávaním tzv. bolusových dávok, ktoré si volí sám pacient. Môže ísť buď o dávku k jedlu alebo o korekčnú dávku inzulínu pri nameranej hyperglykémii. Štandardnú bolusovú dávku vydáva pumpa v priebehu niekoľkých sekúnd. Moderné pumpy už ponúkajú funkciu tzv. rozloženého bolusu (square bolus), keď je vydanie zvolenej bolusovej dávky inzulínu rozložené na dlhší čas v závislosti od voľby pacienta. Ďalšou doplnkovou funkciou je tzv. kombinovaný bolus (dual bolus), čo je vlastne kombinácia štandardnej a rozloženej dávky inzulínu. Takto aplikovaný inzulín dokáže efektívnejšie pokryť najmä zmiešanú stravu s vysokým obsahom tukov a bielkovín (4).

Pri liečbe inzulínovou pumpou môže pacient využiť aj tzv. bolusového poradcu, keď po zadefinovaní určitých parametrov pumpa odporučí pacientovi bolusovú dávku inzulínu v závislosti od aktuálnej glykémie a množstva sacharidov v plánovanom jedle. Vopred však treba definovať veličiny ako inzulínovo-sacharidový pomer, inzulínová senzitivita, cieľové hodnoty glykémie a dĺžka pôsobenia inzulínu, v niektorých pumpách aj postprandiálny vzostup glykémie a čas nástupu účinku inzulínu. Pumpa pomáha pacientovi rozhodnúť sa a určiť potrebné množstvo inzulínu tak, aby glykémie boli v cieľových hodnotách. Hlavným benefitom tejto funkcie je zníženie počtu hypoglykémii po neadekvátne vysokých dávkach inzulínu (5). Je však nutné si uvedomiť, že aj napriek zadávaným veličinám nie je pumpa schopná posúdiť všetky súčasti režimu, a preto pumpou odporúčaná dávka musí byť posúdená aj samotným pacientom.

Účinnosť liečby pomocou inzulínovej pumpy

Takmer okamžite po zavedení liečby inzulínovou pumpou do rutínnej praxe v roku 1978 sa začali nezávislé porovnávacie štúdie s klasickou metódou intenzifikovanej inzulínovej liečby – tzv.

Obrázok 1. Výhody a nevýhody liečby inzulínovou pumpou (upravené podľa Yeh, 2012)

| Liečba inzulínovou pumpou | |
|---|--|
| Výhody | Nevýhody |
| <p>zlepšenie metabolickej kontroly zníženie hodnoty HbA1c zníženie glykemickej variability zníženie počtu a závažnosti hypoglykémii</p> <p>zlepšenie kvality života zvýšenie flexibility životného štýlu menej potrebných vpichov možnosť zastavenia výdaja inzulínu možnosť prispôbiť sa nečakaným udalostiam</p> | <p>prírastok na hmotnosti</p> <p>diabetická ketoacidóza zalomenie kanyly oklúzia výdaja inzulínu technická chyba pumpy</p> <p>finančná náročnosť</p> <p>nutnosť dôslednej edukácie pacienta</p> <p>psychologický efekt</p> |

MDI (multiple daily injections – viaceré injekcie inzulínu denne). Už prvé pilotné práce Pickupa a spolupracovníkov (6) potvrdili významnú účinnosť inzulínovej pumpy v porovnaní s použitím viacerých injekcií inzulínu denne, čo viedlo k rýchlemu „udomácneniu“ sa tejto inovatívnej liečebnej metódy medzi diabetikmi. Aj kompilujúce výsledky mnohých klinických štúdií relevantne potvrdili, že liečba inzulínovou pumpou zlepšuje metabolickú kompenzáciu diabetu, znižuje počet hypoglykemických epizód, znižuje glykemickú variabilitu a zásadným spôsobom zvyšuje kvalitu života pacientov (7). Hoci v populácii detí sa nepozoroval až taký významný pokles HbA1c ako u dospelých, treba uviesť, že inzulínové pumpy sú vysokoefektívne aj v predškolskom veku, či dokonca u dočiat (8).

Dnes vieme potvrdiť, že liečba inzulínovou pumpou je efektívnejšia ako liečba pomocou viacerých denných injekcií inzulínu. Inzulínové pumpy zvyšujú kvalitu života pacientov, nezanebateľným faktorom je aj zníženie počtu potrebných vpichov, zvýšená flexibilita každodenného života a zvýšená spokojnosť pacientov. Hoci výsledky publikovaných prác jednoznačne preukázali účinnosť tohto spôsobu liečby, bolo jasné, že efekt nie je rovnaký u všetkých pacientov. Postupne pribúdali práce, ktoré vyseletovali cieľové skupiny pacientov najviac profitujúcich z použitia inzulínovej pumpy, čo sa rešpektuje v indikačných obmedzeniach pre začatie liečby inzulínovou pumpou (9).

Úskalia liečby pomocou inzulínovej pumpy

Napriek značnému počtu štúdií, ktoré potvrdili významnú účinnosť liečby pomocou inzulínovej pumpy, má tento spôsob terapie aj svoje úskalia. Klinicky najvýznamnejším je relatívne častejšie

vznik diabetickéj ketoacidózy v porovnaní s liečbou pomocou viacerých injekcií inzulínu denne. V inzulínových pumpách sa používa len rýchloúčinkujúci inzulínový analóg, ktorého čas účinku je maximálne 3 hodiny. Pri zastavení výdaja inzulínu pumpou, či už poruchou prietoku cez kanylu alebo technickou chybou pumpy hrozí riziko rozvoja diabetickéj ketoacidózy. Závery prác, porovnávajúcich výskyt tejto akútnej komplikácie diabetu sú často protikladné, avšak s mierne zvýšenou frekvenciou ketoacidózy u pacientov liečených pumpou (10). Výsledky závisia predovšetkým od edukácie samotných pacientov a od času zavedenia subkutánnej kanyly (11).

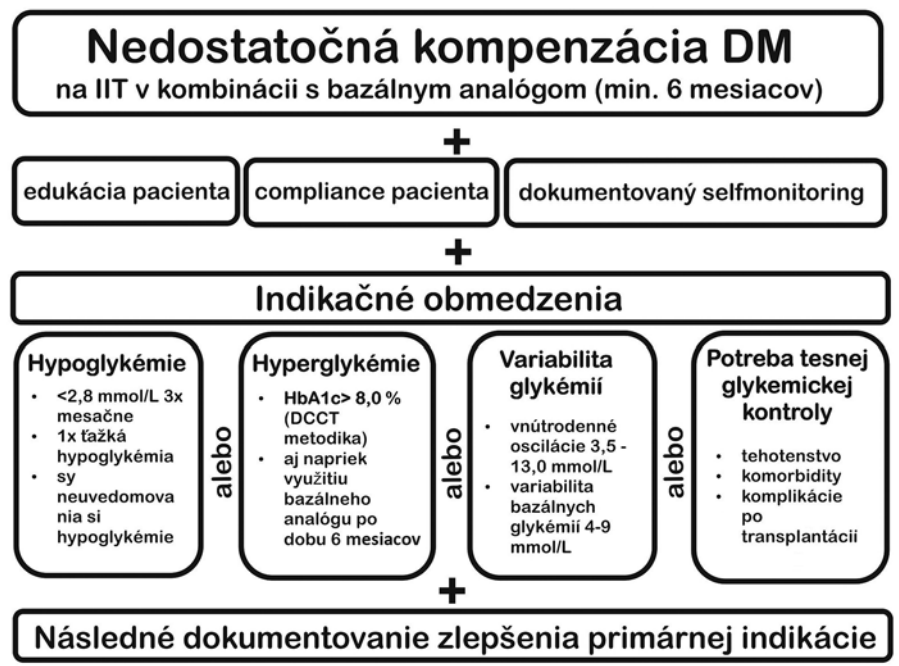
Ďalším úskalím sú kožné komplikácie, a to buď infekcia v mieste vpichu alebo lokálna alergická reakcia. Až 43 % pacientov udáva kožné problémy súvisiace so zavedenou kanylou. Prevenciou je časté kontrolovanie miesta vpichu a častá výmena kanyly (12).

Aj keď odborná verejnosť považuje inzulínovú pumpu za bezpečný spôsob liečby diabetu, v recentnej prehľadovej práci Ross a kol. udáva, že až 40 % pacientov uvádza aspoň 1-krát ročne nežiaducu príhodu, ktorá komplikovala liečbu pumpou. Pacientom je potrebné úskalia tejto liečby podrobne vysvetliť a opakovanou edukáciou im účinne predchádzať (13).

Porovnanie benefitov a úskalí liečby inzulínovou pumpou je zhrnuté na obrázku 1.

Indikácie na liečbu pomocou inzulínovej pumpy

Liečba inzulínovou pumpou napriek nesporným benefitom nie je určená pre všetkých. Obmedzenia vyplývajú najmä z vysokej ceny, ale na druhej strane viaceré publikované práce

Obrázok 2. Indikácie na liečbu inzulínovou pumpou (upravené podľa Vyhlášky MZ SR)

považujú paradoxne pumpu aj za ekonomicky výhodnú (14). Obmedzením môže byť aj samotný pacient, s ktorým sa vyžaduje úzka spolupráca a v detskom veku vstupuje do hry aj rodič, čo môže byť ešte komplikovanejšie. Pred indikovaním liečby je potrebné rodičom podrobne vysvetliť, prečo tento spôsob liečby odporúčame a čo od pumpy môžu očakávať. Samozrejme treba tiež zdôrazniť, že inzulínová pumpa nie je univerzálny liek na diabetes 1. typu (15).

Na základe v minulosti publikovaných prác a skúseností z klinickej praxe sa postupne vypracovali kritériá na začatie liečby inzulínovou pumpou. Na Slovensku boli platné kritériá aktualizované v roku 2015. Inzulínová pumpa a jej príslušenstvo sú zaradené do skupiny zdravotníckych pomôcok D (zdravotnícke pomôcky pre diabetikov), podskupina D10. Okrem limitovaného počtu inzulínových púmp (1 kus za 4 roky) sú vo vyhláške MZ SR upravené aj limity pre príslušenstvo – inzulínové zásobníky, infúzne sety a rôzne doplnky. Kritériá na preskripciu a indikáciu liečby pomocou inzulínovej pumpy zahŕňajú nedostatočne kompenzovaný diabetes mellitus intenzifikovaným inzulínovým režimom s použitím bazálneho analógu minimálne v trvaní 6 mesiacov, edukáciu pacienta, adhérenciu čiže compliance pacienta a dokumentovaný selfmonitoring glykémii. Preskripcia a indikácia inzulínovej pumpy prebieha v diabetologickom centre, kde ostáva pacient po nastavení na liečbu v ambulantnom sledovaní minimálne 6 mesiacov. Následnou požiadavkou je aj potvrdené zlepšenie metabolickej kompenzácie, ktorá bola prvotnou indikáciou na túto liečbu. V porovnaní

so staršou vyhláškou sú aj mierne upravené indikačné obmedzenia liečby, ktoré sú stručne zhrnuté na obrázku 2. U detí je najčastejším kritériom prítomnosť hyperglykémii s HbA1C $> 8\%$ (podľa DCCT škály) a tiež variabilita glykémii vyjadrená v osciláciách presahujúcich hodnoty 3,5 mmol/l – 13 mmol/l v priebehu dňa, napriek intenzifikovanej liečbe pomocou bazálneho inzulínového analógu. Menej častou indikáciou je výskyt hypoglykémii s minimálne tromi dokumentovanými glykémiami pod 2,8 mmol/l za mesiac alebo viac ako 1 ťažkou hypoglykémiou za posledné 3 mesiace. Ďalšie indikácie ako syndróm nevedomenia si hypoglykémie alebo stavy, ktoré vyžadujú dosiahnutie veľmi tesnej glykemickej kontroly (gravidita, stav po transplantácii, rýchla progresia komplikácií diabetu) sú v detskom veku zriedkavé. Po nastavení na liečbu ostáva pacient v ambulantnom sledovaní centra 6 mesiacov. Po tomto čase by sa mala zlepšiť kompenzácia diabetu a upraviť prvotná indikácia na začatie liečby. Na Slovensku sú štyri pracoviská pre nastavovanie detí na inzulínovú pumpu – v Bratislave, Martine, Košiciach a Lubochni.

Kontinuálny monitoring glykémie

Pravidelné meranie glykémii samotným pacientom, tzv. selfmonitoring glykémii, má dôležité miesto v komplexnej terapii diabetu 1. typu. Bez znalosti koncentrácie glukózy v krvi si pacient nie je schopný upravovať inzulínové dávky či príjem sacharidov v strave, čo v konečnom dôsledku vedie k zhoršenej kompenzácii diabetu. Mnohé štúdie preukázali nepriamu

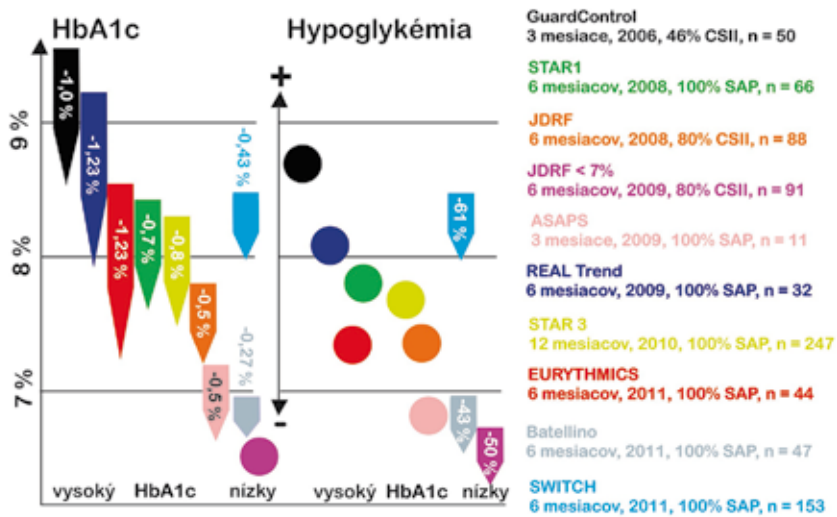
úmeru medzi počtom odmeraných glykémii denne a hodnotou HbA1c. Prvé biosenzory, ktoré umožnili domáce meranie koncentrácie glukózy v krvi v podobe glukomerov sa začali používať pred 40 rokmi. Od tejto doby sa postupne zdokonaľovali a dnes sú široko prístupné a na Slovensku plne hrazené zdravotnou poisťovňou pre každého pacienta s diabetom 1. typu. U najmenších detí sa odporúča 6 – 8 meraní glykémie, u starších pacientov sa za dostatočné považujú 4 merania denne. Ani tak časté merania však nestačia, aby sme získali presný obraz o vzostupoch a poklesoch glukózy v krvi v priebehu dňa.

Prevratom v self-monitoringu glykémii sa stal systém kontinuálneho monitoringu glukózy (CGMS – continuous glucose monitoring system), ktorý sa v klinickej praxi používa od roku 1999 a umožňuje pacientom poznať glykémiu kontinuálne počas celých 24 hodín. Dnešné prístroje sú založené najčastejšie na elektrochemickom princípe merania, keď subkutánne zavedená elektróda (glukózový senzor) registruje evokovaný elektrický prúd, ktorý je priamo úmerný koncentrácii glukózy v intersticiálnej tekutine a namerané hodnoty odosiela v určitých intervaloch do pamäťového modulu. Efektivitu využitia CGMS v klinickej praxi potvrdili viaceré štúdie. Hlavným prínosom je najmä zlepšenie metabolickej kompenzácie diabetu, zníženie glykemickej variability, zníženie výskytu hypoglykémii a zvýšenie času stráveného v cieľových hodnotách glykémie (16, 17).

V súčasnosti sa CGMS využíva v klinickej praxi už viac ako 16 rokov a aj keď existujú jednoznačné dôkazy o terapeutickom benefite, použitie v praxi je paradoxne limitované. Najväčšou nevýhodou je vysoká finančná náročnosť glukózových senzorov a ich relatívna nepresnosť. Na Slovensku sú v súčasnosti poisťovňou čiastočne hrazené 4 senzory ročne pre detských pacientov do 18 roku veku a pre gravidné pacientky s diabetom 1. typu. V blízkej budúcnosti sa bude diabetikom na inzulínovej pumpke do 18. roku života čiastočne hradit' 26 senzorov.

Systém inzulínová pumpa a glukózový senzor

Systém inzulínová pumpa a senzor, teda SAP (sensor augmented pump), je označenie pre kombináciu inzulínovej pumpy a systému kontinuálneho monitoringu glukózy. Spojenie týchto dvoch prístrojov poskytuje pacientovi kombináciu výhod liečby inzulínovou pumpou s výhodami využívania glukózového senzora, ktoré sa vzájomne potencujú. Navyše niektoré

Obrázok 3. Prehľad štúdií efektu SAP (systém senzor a pumpa) (upravené podľa Batellino, 2015a)

pumpy poskytujú určité automatické funkcie, ktoré bez glukózového senzora nie sú možné.

V klinickej praxi je to najmä automatické zastavenie výdaja bazálnej dávky inzulínu pri nízkej koncentrácii glukózy, pričom prah zastavenia sa dá vopred nastaviť. Táto funkcia môže zabrániť prehlbovaniu hypoglykémie, čo je prínosné najmä v nočných hodinách, keď hypoglykémie sú často nerozpoznané a vedú k rozkolísaniu glykémii nasledujúci deň. Štúdie zaoberajúce sa účinnosťou týchto funkcií potvrdili signifikantne nižší výskyt hypoglykémii u pacientov s tesnou glykemickou kontrolou (18). Existuje však aj novšia funkcia, ktorá už dokáže predikovať vznik hypoglykémie a zastaviť výdaj inzulínu ešte pred tým, ako sa koncentrácia glukózy v krvi vôbec priblíži hypoglykemickým hodnotám. Táto inovatívna funkcia sa v súčasnosti vyhodnocuje v prebiehajúcej klinickej štúdiu, ktorej výsledky diabetológovia so záujmom očakávajú.

Systém senzor a pumpa je v súčasnosti najlepšou voľbou liečby diabetu 1. typu. Pacientovi poskytuje mnohé výhody, zlepšuje kompenzáciu jeho ochorenia a zvyšuje kvalitu života. Finančná náročnosť tejto modalítie liečby však limituje jej „štandardné“ použitie u každého diabetika. Viaceré štúdie sa zaoberali selekciou skupiny pacientov s najlepším profitom. Logicky ide o spolupracujúcich pacientov, dobre edukovaných a schopných ovládať doplnkové funkcie inzulínovej pumpy. Definovaný bol aj tzv. používateľ glukózového senzora ako pacient, ktorý využíva kontinuálny monitoring glykémie minimálne 70 % času. (16). Prehľad štúdií potvrdzujúcich priaznivý vplyv systému senzor a pumpa na kompenzáciu diabetu u detských pacientov je znázornený na obrázku 3.

Automatické inzulínové pumpy

Za ostatných 40 rokov sa uskutočnilo niekoľko pokusov o skonštruovanie automatických prístrojov, ktoré by sa dali označiť ako umelý pankreas. Prvé pokusy siahajú do rokov 1977 a 1979. Obrovská finančná náročnosť, nutnosť invazívnych venózných vstupov a veľkosť týchto prístrojov však neumožnili ich široké klinické použitie. Moderné inzulínové pumpy s prepojeným glukózovým sensorom priniesli ďalší pokrok v automatizácii liečby diabetu 1. typu. Postupne sa vypracovali viaceré počítačové algoritmy, ktoré automatizujú prácu pumpy v závislosti od dát prijatých z glukózového senzora (19).

Dnes sú vo výskume dva typy plne automatických systémov. Single-hormone (jedno-hormónové) pumpy, ktoré aplikujú len inzulín a dual-hormone (dvoj-hormónové) pumpy, ktoré okrem inzulínu aplikujú aj glukagón. Je potrebné spomenúť aj tzv. hybridné systémy, keď môže pacient do aplikácie inzulínu aktívne zasahovať. V literatúre sa najčastejšie môžeme stretnúť s názvami closed-loop (uzavretá slučka), arteficial pancreas (umelý pankreas) či arteficial beta cells (umelé beta bunky). Zo záverov štúdií vyhodnocujúcich úspešnosť tejto liečby vyplýva, že automatizovaná pumpa dokáže zlepšiť kompenzáciu diabetu vďaka predĺženiu časového intervalu v cieľových hodnotách glykémii. V roku 2015 Batellino a spolupracovníci publikovali metaanalýzu randomizovaných kontrolovaných štúdií vyhodnocujúcich efektivitu tohto typu liečby. Dokázali, že využitie systému closed-loop zvyšuje čas strávený v cieľových hodnotách glykémii, znižuje výskyt hypoglykémii a znižuje glykemickú variabilitu (16). V súčasnosti už prebiehajú viaceré štúdie so single aj dual-hormone pumpami, no na široké zavedenie do klinickej praxe si budeme musieť ešte počkať.

Záver

Liečba detských pacientov s diabetes mellitus 1. typu pomocou inzulínovej pumpy sa stala štandardným spôsobom intenzifikovaného inzulínového režimu. V porovnaní s inými modalitami inzulínovej liečby má viaceré výhody. Za najväčšie prínosy sa považuje zlepšenie dlhodobej metabolickej kompenzácie diabetu, zníženie počtu hypoglykémii, zníženie glykemickej variability a v neposlednom rade aj celkové zvýšenie kvality života pacientov. Použitie glukózového senzora v spojení s inzulínovou pumpou tieto výhody ešte znásobí, ale zatiaľ sa v rutinnej klinickej praxi nevyužíva, najmä pre vysokú finančnú náročnosť. V budúcnosti môžeme očakávať zavedenie automatických inzulínových púmp, ktoré dokážu nezávisle od pacienta udržiavať glykémiu v cieľových hodnotách a verne imitovať prácu umelého pankreasu.

Literatúra

1. Orchard TJ, Nathan DM, Zinman B, et al. Association Between 7 Years of Intensive Treatment of Type 1 Diabetes and Long-term Mortality. *Jama-Journal of the American Medical Association*. 2015;313(1):45–53.
2. Alsaleh FM, Smith FJ, Keady S, Taylor KMG. Insulin pumps: from inception to the present and toward the future. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*. 2010;35(2):127–138.
3. Holterhus PM, Bokelmann J, Riepe F, et al. Predicting the Optimal Basal Insulin Infusion Pattern in Children and Adolescents on Insulin Pumps. *Diabetes Care*. 2013;36(6):1507–1511.
4. Pankowska E, Szypowska A, Lipka M, Szpotanska M, Bazik M, Groele L. Application of novel dual wave meal bolus and its impact on glycated hemoglobin A1c level in children with type 1 diabetes. *Pediatric Diabetes*. 2009;10(5):298–303.
5. Ziegler R, Kiess W. Hypoglycemia in children and adolescents with type 1 diabetes. *Diabetologia*. 2013;9(2):111–116.
6. Pickup JC, Keen H, Parsons JA, Alberti KG. Continuous subcutaneous insulin infusion: an approach to achieving normoglycaemia. *British Medical Journal*. 1978;1(6107):204–207.
7. Yeh H-C, Brown TT, Maruthu N, et al. Comparative Effectiveness and Safety of Methods of Insulin Delivery and Glucose Monitoring for Diabetes Mellitus. *Annals of Internal Medicine*. 2012;157(5):336–U390.
8. Sherr JL, Hermann JM, Campbell F, et al. Use of insulin pump therapy in children and adolescents with type 1 diabetes and its impact on metabolic control: comparison of results from three large, transatlantic paediatric registries. *Diabetologia*. 2016;59(1):87–91.
9. Pozzilli P, Battelino T, Danne T, Hovorka R, Jarosz-Chobot P, Renard E. Continuous subcutaneous insulin infusion in diabetes: patient populations, safety, efficacy, and pharmacoeconomics. *Diabetes/metabolism research and reviews*. 2016;32(1):21–39.
10. Ludvigsson J, Samuelsson U. Continuous insulin infusion (CSII) or modern type of multiple daily injections (MDI) in diabetic children and adolescents a critical review on a controversial issue. *Pediatric endocrinology reviews: PER*. 2007;5(2):666–678.
11. Jenkins EJE, Knott J, Ryder J, Weiss M, Partridge HL, Brooks AM. Insulin pump users require increased education to reduce diabetic ketoacidosis risk. *Diabetic Medicine*. 2016;33:7–8.
12. Binder E, Lange O, Edlinger M, et al. Frequency of Dermatological Side Effects of Continuous Subcutaneous Insulin Infusion in Children and Adolescents with Type 1 Dia-

betes. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*. 2015;123(4):260–264.

13. Ross PL, Milburn J, Reith DM, Wiltshire E, Wheeler BJ. Clinical review: insulin pump-associated adverse events in adults and children. *Acta Diabetologica*. 2015;52(6):1017–1024.

14. Roze S, Smith-Palmer J, Valentine W, de Portu S, Norgaard K, Pickup JC. Cost-effectiveness of continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections of insulin in Type1 diabetes: a systematic review. *Diabetic Medicine*. 2015;32(11):1415–1424.

15. Nasr C. Insulin pumps: Great devices, but you still have to press the button. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2015;82(12):843–845.

16. Battelino T, Liabat S, Veeze HJ, Castaneda J, Arrieta A, Cohen O. Routine use of continuous glucose monitoring in 10 501 people with diabetes mellitus. *Diabetic Medicine*. 2015;32(12):1568–1574.

17. Battelino T, Omladic JS, Phillip M. Closed loop insulin delivery in diabetes. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2015;29(3):315–325.

18. Bergenstal RM, Klonoff DC, Garg SK, et al. Threshold-Based Insulin-Pump Interruption for Reduction of Hypoglycemia. *New England Journal of Medicine*. 2013;369(3):224–232.

19. Peyser T, Dassau E, Breton M, Skyler JS, Nyas. The artificial pancreas: current status and future prospects in the management of diabetes. *Year in Diabetes and Obesity*. 2014;1311:102–123.

MUDr. Peter Repko

Detské diabetologické centrum SR

1. detská klinika LF UK a DFNSP

Limbová 1, 833 40 Bratislava

petko.repko@gmail.com
