

Vplyv metodického postupu scintigrafie žalúdka na radiačnú záťaž pacientov

Impact of methodical guidelines of gastric scintigraphy on patients' radiation exposure

M. Horváthová¹, Z. Bárdyová¹, D. Budošová¹, R. Hušťak^{1,2}

¹Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce TU v Trnave

²Gastroenterologická a endoskopická ambulancia, Interná klinika FN Trnava

Súhrn: Úvod: Scintigrafia žalúdka (GES) je bezpečná, neinvazívna metóda posudzovania evakuačnej schopnosti žalúdka, ktorá je v klinickej praxi už roky. Je považovaná za „zlatý štandard“ merania vyprázdňovania žalúdka tuhých aj tekutých látok a umožňuje meranie včasnej, strednej i neskorej fázy, ktoré môžu byť alternované rôznymi patológiami. **Ciel:** Cieľom štúdie bolo analyzovať štandardný diagnostický postup a zhodnotiť radiačnú záťaž pacientov podstupujúcich GES na Slovensku. **Metodika:** Bola zrealizovaná retrospektívna kohortová štúdia, do ktorej bolo zaradených 55 pacientov z 2 pracovísk nukleárnej medicíny (pracovisko A, B). Radiačná záťaž bola stanovená prostredníctvom dozimetrického programu IDAC-Dose 2.1. Na pracovisku B sa podávalo pacientom perorálne rádiofarmakum ^{99m}Tc-DTPA vždy s rovnakou aktivitou. Aplikovaná aktivita rádiofarmaka pri scintigrafi evakuácie žalúdka bola 185 MBq. Pracovisko A podávalo pacientom perorálne rádiofarmakum ^{99m}Tc-MAA o rôznej aktivite. **Výsledky:** Na pracovisku B bola podľa ICRP 60 efektívna dávka každého pacienta podstupujúceho GES 0,77 mSv a podľa ICRP103 0,836 mSv. Na pracovisku A boli pacienti priemerne exponovaní 5-krát nižšou dávkou ionizujúceho žiarenia ako pacienti na pracovisku B, čo bolo spôsobené korigovaním aktivity podávaného rádiofarmaka. Medián efektívnej dávky podľa ICRP60 na pracovisku A bol 0,167 mSv, s rozsahom od 0,105 mSv do 0,208 mSv. Podľa ICRP103 bol medián efektívnej dávky 0,181 mSv s rozsahom od 0,113 mSv do 0,226 mSv. **Diskusia:** Neodmysliteľnou súčasťou metodického postupu GES a v súlade s princípom ALARA je adekvátne korigovanie aplikovanej aktivity rádiofarmaka so zachovaním individuálneho prístupu ku každému pacientovi. Pre správnosť vyšetrenia je nutné dodržiavať aj štandardný 4-hodinový protokol a štandardný postup, ktorým sa zabezpečí plnohodnotné využitie vyšetrenia za súčasného zníženia radiačnej záťaže pacienta. **Záver:** Výsledky našej štúdie preukázali pomerne nízku efektívnu dávku asociovanú s GES, ale zároveň potvrdili, že metodológia, ktorou sa GES realizuje, výrazne ovplyvňuje veľkosť radiačnej záťaže pacienta.

Kľúčové slová: efektívna dávka – evakuácia žalúdka – nukleárna medicína – radiačná záťaž – scintigrafia

Summary: Introduction: Gastric emptying scintigraphy (GES) is a safe, noninvasive method for assessing the ability of the stomach to empty which has been used clinically for many years. It is considered as a “gold standard” to assess gastric emptying of both solids and liquids allowing assessment of early, mid and late emptying, each of which may be altered by pathology. The aim of the study was to analyse standard diagnostic approach and evaluate patients' radiation exposure, who underwent GES in Slovakia. **Methods:** A retrospective cohort study included 55 patients from 2 departments of nuclear medicine (department A, B). Patients' radiation exposure was determined by dosimetry program IDAC-Dose2.1. The radiopharmaceutical ^{99m}Tc-DTPA, always with the same activity, was applied orally to patients at Department B. The applied activity of the radiopharmaceutical at GES was 185 MBq. The radiopharmaceutical ^{99m}Tc MAA, with various activity, was applied orally to patients at Department A. **Results:** According to ICRP60, the effective dose (ED) of every patient undergoing GES was 0.77 mSv and, according to ICRP103, the dose was 0.836 mSv at Department B. Patients at Department A were exposed to ionizing radiation with 5-times lower intensity, compared with patients at Department B. It was caused by radiopharmaceutical activity correction. The ED medians according to ICRP60, and according to ICRP103 were 0.167 mSv (range 0.105–0.208 mSv) and 0.181 mSv (range 0.113–0.226 mSv) at Department A, respectively. **Discussion:** Adequate correction of applied radiopharmaceutical activity is an essential part of GES guidelines and in accordance with ALARA principles. For the accuracy of GES examination, it is necessary to follow a standard 4-hour protocol and an approach which ensures full-featured utilization of the examination while decreasing patient's radiation exposure. **Conclusion:** The results of our study show relatively low ED associated with GES, but also confirm that the GES methodology significantly affects the patient's radiation exposure.

Key words: effective dose – gastric emptying – nuclear medicine – radiation exposure – scintigraphy

Úvod

Vyprázdňovanie žalúdka je zložitý proces regulovaný nervovým a hormonálnym systémom. Za fyziologické vyprázdňovanie žalúdka je považovaný časový interval 2 až 6 hodín. Tento proces však môže byť narušený rôznymi patologickými stavmi, ktoré môžu spôsobiť spomalenie, ale aj zrýchlenie evakuácie žalúdka. Na diagnostiku porúch motility žalúdka boli využívané viaceré zobrazovacie metódy, ako napr. röntgenové kontrastné vyšetrenie žalúdka alebo CT s per os podanou kontrastnou látkou, avšak neboli dostatočne efektívne k posúdeniu evakuačnej poruchy žalúdka (v prípadoch, kedy sa nepredpokladá mechanická obštrukcia výtokovej časti žalúdka). V súčasnosti sa pri posudzovaní evakuácie žalúdka pacientov s rôznymi funkčnými gastrointestinálnymi poruchami znovu využíva scintigrafia (gastric emptying study – GES), ktorej počiatky siahajú až do roku 1966 [1]. S cieľom minimalizovania radiačnej záťaže pacientov sa u pacientov s motilitnými poruchami žalúdka do praxe začínajú zavádzať inovatívne diagnostické metódy, ktoré nevyužívajú ionizujúce žiarenie, ako napr. ¹³C spirulina dychový test, magnetická rezonancia či EndoFLIP (endoluminálna funkčná planymetria) [2]. Medzi najčastejšie klinické ochorenia, pre ktoré je GES realizovaná, patrí gastroparéza rôznej etiológie, funkčná dyspepsia, na antisekrečnú liečbu nereagujúca refluxná choroba pažeráka či dumping syndróm a pod.

Napriek postupnému zavádzaniu nových diagnostických metód, scintigrafia je neustále považovaná za „zlatý štandard“. GES sa radí medzi bezbolestné, neinvazívne zobrazovacie metódy nukleárnej medicíny, prostredníctvom ktorých je možné stanoviť rýchlosť a čas, počas ktorého rádioaktívne značená strava opustí žalúdok a vstúpi do tenkého čreva. Medzi najčastejšie využívaný rádionuklid v GES je ^{99m}Tc v kombinácii s akýmkoľvek neabsorbovateľným markerom, napr.: ^{99m}Tc koloid síry, ^{99m}Tc-Tin koloid, ^{99m}Tc nanokoloid, ^{99m}Tc-MAA

(makroagregát ľudského albumínu), ^{99m}TcO₄⁻ (pertechnetát), ^{99m}Tc-DTPA (dietylén-triamín-pentaacetát vápenato trisodný). Prostredníctvom štúdií sa za najvhodnejšie pre sledovanie distribúcie rádiofarmaka v gastrointestinálnom trakte ukázalo použitie ^{99m}Tc-MAA, ktoré potvrdilo až 99% účinnosť označenia. Najmenšiu účinnosť označenia malo ^{99m}Tc-DTPA a ^{99m}TcO₄⁻, a to približne 70%. Štúdie boli vykonané na značení vaječných bielkov. Avšak ukázalo sa, že ^{99m}Tc-DTPA je vhodnejšie pri používaní inej zložky stravy ako je vaječný bielok [3]. Z daného vyplýva, že počas realizovania vyšetrenia je dôležité podávať pacientovi rádiofarmakum vo vhodnej potrave.

V 2013 roku došlo medzi Americkou nukleárnou a neogastroenterologickou spoločnosťou (Society of Nuclear Medicine a the American Neurogastroenterological and Motility Society) k akceptácii štandardizovaného jedla s nízkym obsahom tukov a štandardizácii zobrazovacieho protokolu využívanom pri GES [4]. Recentne, inovatívnejšie kroky realizovala Britská spoločnosť nukleárnej medicíny (BNMS), ktorá poopravila potrebu jednotlivých procesov vyšetrovania GES tekutou stravou (voda alebo džús) a polotuhým substrátom (zemiaková alebo ovsená kaša). Ako tuhý substrát sa dnes štandardne využíva vajíčko s toastom a džemom [1,5].

Aby bolo možné adekvátne vyhodnotenie výsledkov, je potrebné, aby sa GES realizovala po dobu 4 hodín. Za spomalené vyprázdňovanie sa považuje zadržanie 60 % stravy v žalúdku po 2 hodinách, alebo viac ako 10 % stravy po 4 hodinách. Ak je v žalúdku zadržanej menej ako 70 % stravy v priebehu pol hodiny alebo menej ako 30 % stravy počas 1 hodiny, hovorí sa o zrýchlenom vylučovaní. Počas evakuácie žalúdka býva optimálne 60 – 90 minút [6]. Aj keď sa odporúča GES vykonávať po dobu 4 hodín, pretože poskytuje presnejšie výsledky, mnoho pracovísk tento postup nedodržava a vyšetrenie vykonáva len po dobu 60 – 120 minút [7].

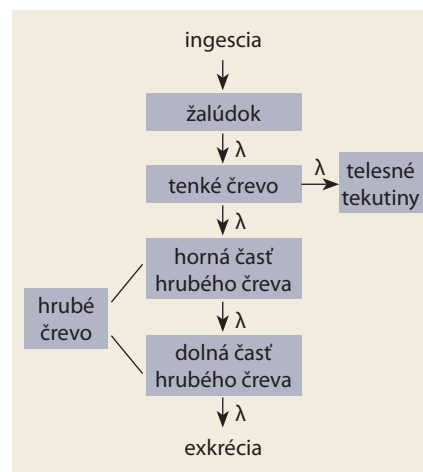


Schéma 1. Model používaný na popis biokinetiky rádionuklidov v gastrointestinálnom trakte (ICRP 128) [12].

Scheme 1. Model used to describe the kinetics of radionuclides in the gastrointestinal tract (ICRP 128) [12].

Napriek tomu, že hlavnou nevýhodou GES je využívanie rádionuklidov, ktoré predstavujú pre pacienta riziko radiačnej záťaže, rádionuklidové vyšetrenie ako jediné vyšetrenie ponúka presné stanovenie časových parametrov vyprázdňovania žalúdka za fyziologických podmienok [8]. Metódy nukleárnej medicíny poskytujú informácie o distribúcii rádioaktívne značenej látky v organizme a tým poskytujú výborné poznatky o funkčnom stave tkaniva, čo napomáha k diagnostike viacerých gastrointestinálnych ochorení. Hoci GES je pomerne bežne používanou zobrazovacou metódou vo viacerých krajinách, v Slovenskej republike (SR) zažíva tento špecifický typ vyšetrenia renesanciu, ktorá sa realizuje len od roku 2016. V súčasnosti dané vyšetrenie uskutočňuje 6 pracovísk nukleárnej medicíny, ale počet uskutočnených GES má narastajúci trend. Zatiaľ čo v roku 2016 bolo v SR zrealizovaných 18 GES, v roku 2017 počet vyšetrení vzrástol 1,4-násobne (26 GES) a v roku 2018 1,6-násobne (41 GES) [9–11].

Keďže sa pri GES používa rádionuklidom značená strava, je dôležité pri odhade radiačnej záťaže zohľadniť biokineticu podávaného rádionuklidu v gastrointestinálnom trakte (schéma 1). Nemožno taktiež zabúdať na to, že

expozícia pacienta pretrváva do momentu, pokiaľ rádiofarmakum neopustí telo pacienta buď rádioaktívnym rozpadom (fyzikálny polčas rozpadu ^{99m}Tc je 6,01 hodín) alebo biologickou elimináciou. Pretože dôsledkom vyšetrenia dochádza k expozícii nielen cieľového orgánu (žalúdka), je dôležité kontrolovať dodržiavanie stanovených diagnostických referenčných úrovní a v prípade potreby realizovať optimalizáciu vyšetrovacieho procesu. Z tohto dôvodu bolo cieľom štúdie analyzovať štandardný diagnostický postup dvoch pracovísk SR a jeho vplyv na radiačnú záťaž pacientov podstupujúcich GES na vybraných pracoviskách.

Materiál a metóda

Štúdia bola realizovaná na 2 pracoviskách nukleárnej medicíny (pracovisko A, B) SR. Do analýzy bolo zaradených 55 GES, z čoho boli uskutočnené 4 opakované vyšetrenia z dôvodu nevyhovujúcej hodnoty GES. Do analýzy neboli začlenení pacienti, ktorí boli riešení v rámci randomizovanej štúdie (NCT03356067). Medzi faktory, ktoré ovplyvňujú kvalitu vyšetrenia je možné zaradiť neúplne skonsumovanú stravu, pomalú konzumáciu jedla (viac ako 10 minút), vyvracanie časti jedla či zlá kontrola glykémie. Z tohto dôvodu bolo zo štúdie vyradených 5 pacientov, ktorí neboli schopní skonsumovať celú stanovenú potravu, čo by mohlo spôsobiť skreslenie dávky ionizujúceho žiarenia.

Počet vyšetrení uskutočnených na pracoviskách je v tab. 1.

Základné rozdiely v metodológii realizovanej scintigrafie evakuácie žalúdka na pracovisku A a B sú v tab. 2.

Radiačná záťaž bola stanovená prostredníctvom dozimetrického programu IDAC-Dose 2.1, ktorý bol vytvorený ICRP na odhad efektívnych a orgánových dávok pacienta z aplikovaného rádiofarmaka. Kumulovaná aktivita v cieľovom orgáne alebo tkanive na jednotku podanej aktivity (A_{org}/A_0) bola stanovená podľa publikácie ICRP128 [12].

Tab. 1. Počet mužov a žien zaradených do štúdie.

Tab. 1. Number of males and females included in the study.

Pracovisko	Počet		
	muži	ženy	spolu
A	18 % (n = 9)	16 % (n = 8)	34 % (n = 17)
B	30 % (n = 15)	36 % (n = 18)	66 % (n = 33)
SPOLU	48 % (n = 24)	52 % (n = 26)	100 % (n = 50)

Tab. 2. Základná charakteristika metodologického postupu pracoviska počas vykonávania GES

Tab. 2. Basic characteristic of the methodological procedure of department during GES.

Základná charakteristika vyšetrenia	Pracovisko	
	A	B
Použité rádiofarmakum	^{99m}Tc -MAA	^{99m}Tc -DTPA
Značená strava	cca 30 g bielka, 20 g pečenej šunky, 2 krajce sendvičového chleba 200 ml vody	118 ml vaječných bielkov, z ktorých sa pripraví želé a nanesie sa na chlieb, džem 120 ml vody
Poloha pacienta počas scintigrafie	v stojí	ležmo
Časový interval	vykonáva sa 120-sekundový záznam, pričom sa vytvárajú predné a zadné projekcie statické záznamy sa opakujú po každej hodine po dobu 4 hod	vykonáva sa 1,5-hod dynamická scintigrafia a vytvárajú sa predné projekcie statické 60 sekundové záznamy sa opakujú po každej hodine po dobu 4 hod

Výsledky

Celkovo bolo realizovaných v danom období 55 vyšetrení. Hlavnou indikáciou vyšetrenia bola diagnóza K31-3 (pylorospazmus nezatriedený inde; 36 % prípadov), následne K31-88 (iná choroba žalúdka a dvanástnika, bližšie určená; 16 % prípadov). Medzi ďalšie indikácie vyšetrenia patrili diagnózy F50-8 (iná porucha perorálnej príjmu), K21-9 (gastrofágová refluxová choroba bez ezofagitídy), K29-7 (gastritída, bližšie neurčená), K29-8 (duodenitída), K30 (dyspepsia), K31-0 (akútna dilatácia žalúdka), K31-1 (hypertrofická pylorostenóza dospelých) a K31-9 (iná choroba žalúdka a dvanástnika, bližšie neurčená). Celkom 82 % všetkých vyšetrení bolo indikovaných gastroenterologickou ambulanciou. Priemerný vek pacientov bol 48 ± 15 rokov (rozmedzie 22 – 74).

Referenčné hodnoty polčasu evakuácie žalúdka (60 – 90 minút) malo 62 % respondentov (n = 31). Porucha evakuá-

cie žalúdka bola diagnostikovaná u 34 % pacientom (n = 17), pričom priemer polčasu evakuácie žalúdka v skupine pacientov so spomalenou evakuáciou bol až 332 minút.

Na oboch pracoviskách bolo rádiofarmakum aplikované perorálne, v rámci značenej stravy. Na pracovisku B sa využívalo ^{99m}Tc -DTPA vždy s rovnakou aktivitou, a to 185 MBq. Naopak, pracovisko A aplikovalo rádiofarmakum ^{99m}Tc -MAA o rôznej aktivite. Aplikovaná aktivita rádiofarmaka bola prispôbena hmotnosti pacienta, anamnestickým údajom a schopnosti skonsumovať značenú stravu. Najčastejšie podaná aktivita rádiofarmaka bola 40 MBq (rozmedzie 25 – 50 MBq), ktorá bola aplikovaná 53 % pacientom pracoviska A.

Prostredníctvom aktivity bola stanovená efektívna dávka. Na pracovisku B bola podľa ICRP 60 efektívna dávka každého pacienta podstupujúceho GES 0,77 mSv a podľa ICRP103 0,836 mSv. Na

Tab. 3. Absorbovaná dávka najviac exponovaných orgánov počas GES.

Tab. 3. Absorbed dose of the most exposed organs during GES.

Orgán	Absorbovaná dávka (mGy)		Absorbovaná dávka (mGy/MBq)
	pracovisko A	pracovisko B	
žalúdok	1,08	5,23	0,03
slezina	0,263	2,15	0,01
pankreas	0,253	1,56	0,008
nadobličky	0,161	1,06	0,006
srdce	0,157	0,8	0,0043
pečeň	0,111	0,796	0,0043
obličky	0,105	0,724	0,0039
žlčník	0,0989	0,684	0,0037
pažerák	0,0909	0,456	0,0024
tenké črevo	0,0815	0,421	0,0022
hrubé črevo	0,0623	0,105	$5,68 \times 10^{-4}$

pracovisku A boli priemerne pacienti exponovaní 5-krát nižšou dávkou ionizujúceho žiarenia ako pacienti na pracovisku B, čo bolo spôsobené korigovaním aktivity podávaného rádiofarmaka. Medián efektívnej dávky podľa ICRP60 na pracovisku A bol 0,167 mSv, s rozsahom od 0,105 do 0,208 mSv. Podľa ICRP103 bol medián efektívnej dávky 0,181 mSv s rozsahom od 0,113 do 0,226 mSv. Preukázal sa štatisticky významný rozdiel vo veľkosti efektívnej dávky pacientov na pracovisku A a B ($p < 0,05$). Na základe prepočtu efektívnej dávky na 1 MBq aplikovaného rádionuklidu predstavuje radiačná záťaž pacientov GES 0,005 mSv/MBq. Veľkosť absorbovanej dávky v jednotlivom orgáne na 1 MBq aplikovaného rádiofarmaka je v tab. 3. Absorbovaná dávka žalúdka pacientov pracoviska B bola až o 79 % vyššia ako na pracovisku A (5,23 vs. 1,08 mGy; $p < 0,05$). V závislosti od pohlavia sa nepreukázal signifikantný vzťah ($p > 0,05$).

Diskusia

V našej kohortovej štúdii bola pozorovaná štatisticky významná rozdielnosť veľkosti radiačnej záťaže pacientov na oboch pracoviskách. Za hlavnú príčinu tohto rozdielu je možné považovať práve skutočnosť, že pracovisko A (pracovisko so štatisticky nižšou radiačnou záťažou) korigovalo veľkosť aktivity podávaného

rádionuklidu pacientovi podľa hmotnosti, na rozdiel od pracoviska B (pracovisko s vyššou radiačnou záťažou), ktoré každému pacientovi aplikovalo rádiofarmakum s rovnakou aktivitou. Ďalším dôležitým faktorom však je aj druh využívaného rádiofarmaka. Pracovisko A využívalo rádiofarmakum ^{99m}Tc -MAA, ktoré sa ukázalo v štúdií T. Ertaya et al [3] ako účinnejšie pre sledovanie distribúcie rádiofarmaka v gastrointestinálnom trakte (99% účinnosť) v porovnaní s ^{99m}Tc -DTPA, ktoré sa naopak ukázalo ako menej účinné (70% účinnosť). Práve ^{99m}Tc -DTPA bolo využívané na pracovisku B, ktorého analýza efektívnej dávky poukázala na vyššiu radiačnú záťaž pacientov.

Rozhodujúcim aspektom pre klinicky výpovednú a bezpečnú GES je správna príprava pacienta. Dôležitou súčasťou vyšetrenia je poučenie pacienta a vysadenie prokinetik (napr. metoklopramid, domperidón a iných), a to aspoň 2 dni pred vyšetrením z dôvodu interpretácie vyšetrenia. Taktiež by sa mali vylúčiť látky, ktoré odďaľujú vyprázdňovanie žalúdka, napr. opiáty (morfín, kodeín, oxykodón), antispazmodiká (atropín, dicyklomín, lopramid, prometazín), niektoré laxatíva (prucaloprid) alebo niektoré antidiabetiká (GLP-1 agonisti). Pred vyšetrením by pacient nemal piť ani jesť najmenej 4 hodiny. Diabetici závislí na inzulíne by si mali monitorovať hladinu

glukózy v krvi, ktorá by nemala prekročiť hladinu 200 mg/dl (11,1 mmol/l). Kontroverzné výsledky štúdií sa týkajú skupiny premenopauzálnych žien, pričom niektoré štúdie potvrdili a naopak iné vyvrátili nutnosť prihliadať na fázu menštruačného cyklu z dôvodu vplyvu hormonálnych zmien na evakuáciu žalúdka (1. – 10. deň menštruačného cyklu) [1].

Rýchlosť evakuácie žalúdka je za normálnych okolností ovplyvňovaná zložkami jedla, ako napr. množstvo, stráviteľnosť, obsah živín a kalórií. Zatiaľ čo sa tuhé látky a tuky vyprázdňujú pomalšie, naopak tekutiny, bielkoviny a uhľohydráty sa vyprázdňujú rýchlejšie. Zo začiatku neexistoval žiadny štandard pre vykonávanie GES a využívali sa rôzne metodológie. Napr. pomarančový džús, cereálie s mliekom, ovsené vločky, miešané vajcia, kuracie pečene, čo spôsobovalo variabilitu výsledkov evakuácie žalúdka a interpretácia výsledkov bola problematická. Táto situácia bola vyriešená v roku 2008, kedy boli vydané štandardy pre scintigrafiu vyprázdňovania žalúdka. Štandardné jedlo bolo popísané ako tuhá strava pozostávajúca z 0,5 až 1,0 mCi ^{99m}Tc -koloídnej síry zmiešanej so 120 g tekutých vaječných bielkov, 2 plátkov bieleho toastu, 30 g jahodového želé, 120 ml vody. Tieto odporúčania sa týkajú dospeléj populácie. Čo sa týka tekutej stravy, odporúča sa 300 ml vody značenej 0,2 mCi ^{99m}Tc -koloídnej síry alebo 111 Indium-DTPA [1,13].

Výsledky našej štúdie je možné porovnať s hodnotou efektívnej dávky udávanej v odporúčaní pre vyšetrenie evakuácie žalúdka, vypracovanom BNMS. Medián efektívnej dávky pracoviska A a B pri aplikovaní perorálneho rádiofarmaka ^{99m}Tc -DTPA a ^{99m}Tc -MAA v tuhej strave bol 0,181 mSv a 0,836 mSv, v danom poradí. Na základe prepočtu efektívnej dávky na 1 MBq aplikovaného rádionuklidu predstavuje radiačná záťaž pacientov GES 0,005 mSv/MBq. Efektívna dávka udávaná v publikácii BNMS pre ^{99m}Tc v tuhej strave bola 0,3 mSv, pre ^{111}In -DTPA v tekutej strave 3 mSv a pre ^{111}In -DTPA v tuhej strave 4 mSv [5].

V porovnaní s našimi výsledkami, expozícia pacientov na pracovisku A bola takmer 2-krát nižšia, avšak na pracovisku B takmer 3-krát vyššia, ako je efektívna dávka udávaná v BNMS. Iná štúdia zas udáva pri GES efektívnu dávku 0,4 mSv alebo 0,024 mSv/MBq (tuhá strava značená ^{99m}Tc) [14]. Z daného porovnania vyplýva, že pacienti v našom súbore, boli exponovaní takmer o 80% nižšou efektívnou dávkou, ako sa uvádza v štúdií F. A. Mettlera et al [14]. Taktiež, v protokole GES – Nemocnice sv. Vincenta v Sidney (rádiofarmakum: ^{99m}Tc), bola uvedená takmer 50% vyššia efektívna dávka (0,0094 mSv/MBq) ako efektívna dávka pacientov našej štúdie [15].

Pri zohľadnení biokinetiky podávaného rádionuklidu v gastrointestinálnom trakte je zrejme, že pri GES dochádza k expozícií viacerých rádiosenzitívnych orgánov. Na základe odhadu orgánových dávok viacerých rádiosenzitívnych orgánov je druhým najviac exponovaným orgánom po žalúdku slezina, následne pankreas, nadobličky, obličky a žlčník. Dôležité je však poznamenať, že expozície orgánov sa môžu počas GES líšiť v závislosti od motility, trávenia, vstrebávania a sekrécie GITu vyšetřovaného pacienta.

Pri výpočte efektívnej dávky ako aj absorbovaných dávok, je nutné zohľadniť skutočnosť, že odhad radiačnej záťaže je uskutočnený pre zdravého pacienta bez poruchy motility/evakuácie. Ak je totiž evakuácia žalúdka spomalená, tranzit sa môže predĺžiť a v takom prípade sa dávka pre žalúdok zvýši. Rovnako aj pacienti so zápchami vykazujú zmeny v tranzite. Jedna zo štúdií uvádza, že v prípade spomaleného tranzitu žalúdka sa orgánová dávka pre žalúdok zvýši približne o 50 % [16].

V našom súbore mala 1/3 pacientov poruchu evakuácie žalúdka, pravdepodobne korelujúcu s diagnózou K31.3 (pylorospasmus, gastroparéza...), ale takmer 2/3 pacientov mali normálny polčas vylučovania, čo však nevylučuje samotnú gastroparézu, pre ktorú je špecifické najmä percentá retencie po 4 hodinách. Práve

v skupine pacientov s poruchou evakuácie žalúdka môžeme predpokladať, že skutočná veľkosť expozície pacienta bude viac ako dvojnásobná. Biologická eliminácia rádionuklidu predstavuje v porovnaní so skupinou, ktorej polčas evakuácie žalúdka je 60 alebo 90 minút, takmer 6-násobok, čo zároveň predstavuje časový interval, ktorý sa rovná fyzikálnemu polčasu rozpadu použitého rádionuklidu ^{99m}Tc . Z tohto dôvodu je veľmi dôležité, aby bola aktivita aplikovaného rádiofarmaka korigovaná a prispôbená hmotnosti pacienta, anamnestickým údajom a schopnosti skonzumovať značenú stravu. Pri hodnotení radiačnej záťaže by bolo vhodné taktiež brať do úvahy, že čas tranzitu závisí od pohlavia a od veku pacienta.

Na základe vyššie spomínaných informácií a výsledkov štúdie je možné konštatovať, že GES predstavuje relatívne bezpečnú metódu s prijateľnou radiačnou záťažou pacienta. Avšak počas realizovania vyšetřenia je dôležité podávať pacientovi rádiofarmakum vo vhodnej potrave a využívať rádiofarmakum, ktoré sa preukázalo ako najúčinnnejšie. Neodmysliteľnou súčasťou metodického postupu GES a v súlade s princípom ALARA je adekvátne korigovanie aplikovanej aktivity rádiofarmaka so zachovaním individuálneho prístupu ku každému pacientovi. Pre správnosť vyšetřenia je nutné dodržiavať aj štandardný 4-hodinový protokol a štandardný postup, ktorým sa zabezpečí plnohodnotné využitie vyšetřenia za súčasného zníženia radiačnej záťaže pacienta. Nemožno však zabúdať na to, že veľkosť podávanej aktivity je možné korigovať len do tej miery, aby nedošlo k narušeniu diagnostickej presnosti výsledkov vyšetřenia. Téma porovnávania nosičov a dávky žiarenia by si však zaslúžila detailnejší rozbor. Jednou z limitácií štúdie je, že náš súbor respondentov nie je dostatočne reprezentatívny na to, aby bolo možné porovnávať diagnostickú výťažnosť v závislosti od druhu použitého rádiofarmaka. Zároveň súbor je tak malý, že by sa výrazné odlišnosti asi nepreukázali.

Štúdia poukazuje na vhodnosť prepracovania Štandardného postupu v medzinárodnom, ako aj národnom kontexte. V súčasnosti je voľba realizácie GES v réžii jednotlivých pracovísk s minimálnymi odporúčaniami. Výsledky štúdie by mohli predstavovať podnet pre rádiologickú spoločnosť, ktorá by zvolila najlepšiu variantu, prípustnú i s ohľadom na radiačnú záťaž pacientov podstupujúcich scintigrafické vyšetřenie.

Záver

Hoci boli v posledných rokoch navrhnuté nové diagnostické metódy bez využívania ionizujúceho žiarenia, ktorými je možné identifikovať poruchu evakuácie žalúdka, GES je neustále považovaná za štandardnú diagnostickú metódu schopnú odhaliť dysmotilitu žalúdka. Výsledky našej štúdie preukázali pomerne nízku efektívnu dávku asociovanú s GES, ale zároveň potvrdili, že metodológia, ktorou sa GES realizuje, výrazne ovplyvňuje veľkosť radiačnej záťaže pacienta. Z tohto dôvodu je dôležitou súčasťou každého vyšetřenia nukleárnej medicíny zaradenie najvhodnejšieho metodického postupu daného vyšetřenia do praxe.

Literatúra

1. Banks KP, Syed K, Parekh M et al. Gastric emptying scan. 2020 [online]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531503/>.
2. Saadi M, Yu D, Malik Z et al. Pyloric sphincter characteristics using EndoFLIP® in gastroparesis. *Rev Gastroenterol Mex* 2018; 83(4): 375–384. doi: 10.1016/j.rgmx.2018.02.013.
3. Ertay T, Doğan AS, Ulker O et al. 2014. In vitro evaluation of tc-99m radiopharmaceuticals for gastric emptying studies. *Mol Imaging Radionucl Ther* 2014; 23(1): 21–24. doi: 10.4274/Mirt.75047.
4. Shin AS, Camilleri M. Diagnostic assessment of diabetic gastroparesis. *Diabetes* 2013; 62(8): 2667–2673. doi: 10.2337/db12-1706.
5. BNMS. Guideline for Gastric Emptying – British Nuclear Medicine Society. 2017 [online]. Available from: https://cdn.ymaws.com/www.bnms.org.uk/resource/resmgr/guidelines/gastric_emptying_guidelines_.pdf.
6. Maurer AH. Gastrointestinal motility, part 1: esophageal transit and gastric emptying. *J Nucl Med* 2015; 56(8): 1229–1238. doi: 10.2967/jnumed.112.114314.

7. Parkman HP. Idiopathic gastroparesis. *Gastroenterol Clin North Am* 2015; 44(1): 59–68. doi: 10.1016/j.gtc.2014.11.015.
8. Seok JW. How to interpret gastric emptying scintigraphy. *J Neurogastroenterol Motil* 2011; 17(2): 189–191. doi: 10.5056/jnm.2011.17.2.189.
9. NCZI SK. Činnosť nukleárnej medicíny, klinickej a radiačnej onkológie v SR. Štatistické prehľady. 2015 [online]. Available from: http://www.nczisk.sk/Statisticke_vystupy/Tematicke_statisticke_vystupy/Onkologia/Nuklearna_medicina_klinicka_radiacna_onkologia/Pages/default.aspx.
10. NCZI SK. Činnosť nukleárnej medicíny, klinickej a radiačnej onkológie v SR. Štatistické prehľady. 2016 [online]. Available from: http://www.nczisk.sk/Statisticke_vystupy/Tematicke_statisticke_vystupy/Onkologia/Nuklearna_medicina_klinicka_radiacna_onkologia/Pages/default.aspx.
11. NCZI SK. Činnosť nukleárnej medicíny, klinickej a radiačnej onkológie v SR. Štatistické prehľady. 2017 [online]. Available from: http://www.nczisk.sk/Statisticke_vystupy/Tematicke_statisticke_vystupy/Onkologia/Nuklearna_medicina_klinicka_radiacna_onkologia/Pages/default.aspx.
12. Mattsson S, Johansson L, Svegborn SL et al. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals: a compendium of current information related to frequently used substances. *Ann ICRP* 2015; 44(2 Suppl): 7–321. doi: 10.1177/046645314558019.
13. Donohoe KJ, Maurer AH, Ziessman HA et al. Procedure guideline for adult solid-meal gastric-emptying study 3.0*. *J Nucl Med Technol* 2009; 37(3): 196–200. doi: 10.2967/jnmt.109.067843.
14. Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT et al. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology* 2008; 248(1): 254–263. doi: 10.1148/radiol.2481071451.
15. St Vincent's Hospital Sydney. Gastric emptying scan. 2015 [online]. Available from: <http://www.anzctr.org.au/AnzctrAttachments/370723-Scintigraphy%20protocol.pdf>.
16. Knight LC. Update on gastrointestinal radiopharmaceuticals and dosimetry estimates. *Semin Nucl Med* 2012; 42(2): 138–144. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2011.11.001.

Doručené/Submitted: 1. 10. 2020

Prijaté/Accepted: 15. 11. 2020

doc. RNDr. Martina Horváthová, PhD., MPH
Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce
Trnavská univerzita v Trnave
Univerzitné námestie 1
918 43 Trnava
Slovensko
martina.horvathova@truni.sk

Konflikt záujmov: Autori deklarujú, že text článku zodpovedá etickým štandardom, bola dodržaná anonymita pacientov, a vyhlasujú, že v súvislosti s predmetom článku nemajú finančné, poradenské ani iné komerčné záujmy.

Publikačná etika: Príspevok nebol doteraz publikovaný ani nie je v súčasnosti zaslaný do iného časopisu na posúdenie. Autori súhlasia s uverejnením svojho mena a e-mailového kontaktu v publikovanom texte.

Dedikácia: Článok nie je podporený grantom ani nevznikol za podpory žiadnej spoločnosti.

Redakčná rada potvrdzuje, že rukopis práce splnil ICMJE kritériá pre publikácie zasielané do biomedicínskych časopisov.

Conflict of Interest: The authors declare that the article/manuscript complies with ethical standards, patient anonymity has been respected, and they state that they have no financial, advisory or other commercial interests in relation to the subject matter.

Publication Ethics: This article/manuscript has not been published or is currently being submitted for another review. The authors agree to publish their name and e-mail in the published article/manuscript.

Dedication: The article/manuscript is not supported by a grant nor has it been created with the support of any company.

The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE "uniform requirements" for biomedical papers.