



Poremećaji motiliteta želuca i uloga elektrogastrografije u njihovoj procjeni

Gastric motility disorders and the role of electrogastrography

Mia Šalamon Janečić¹ , Ana Močić Pavić¹, Iva Hojsak^{1,2,3}

¹Zavod za pedijatrijsku gastroenterologiju, hepatologiju i poremećaje prehrane, Referentni centar Ministarstva zdravstva Republike Hrvatske za dječju gastroenterologiju i poremećaje prehrane, Klinika za pedijatriju, Klinika za dječje bolesti Zagreb

²Referentni centar Ministarstva zdravstva Republike Hrvatske za dječju gastroenterologiju i poremećaje prehrane, Klinika za pedijatriju, Klinika za dječje bolesti Zagreb

³Medicinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Deskriptori

GASTROINTESTINALNI MOTILITET – fiziologija;
ŽELUDAC – fiziologija; patofiziologija;
PRAŽNJENJE ŽELUCA – fiziologija;
BOLESTI ŽELUCA – patofiziologija;
ELEKTROMIOGRAFIJA – metode;
DIJAGNOSTIČKE PRETRAGE PROBAVNOG SUSTAVA;
DISPEPSIJA; POVRAĆANJE; GASTROPARIZA;
GASTROEZOFAGUSNI REFLUKS

Descriptors

GASTROINTESTINAL MOTILITY – physiology;
STOMACH – physiology, physiopathology;
GASTRIC EMPTYING – physiology;
STOMACH DISEASES – physiopathology;
ELECTROMYOGRAPHY – methods;
DIAGNOSTIC TECHNIQUES, DIGESTIVE SYSTEM;
DYSPEPSIA; VOMITING; GASTROPARESIS;
GASTROESOPHAGEAL REFLUX

U osnovne funkcije gastrointestinalnog sustava ubraja se prijenos hrane kroz različite dijelove probavnog sustava u kojima dolazi do razgradnje i apsorpcije hranjivih tvari te, naposljetku, izbacivanje stolice u željenom trenutku. Ta je funkcija nemoguća bez adekvatne propulzivne peristaltike odnosno motiliteta, ritmičke kontrakcije glatke muskulature koja miješa i pomiče sadržaj aboralno. Svaki dio probavnog sustava ima specifičan uzorak motiliteta koji je rezultat kompleksne interakcije mišića, mienteričnog plexusa, perifernog živčanog sustava i mozga.¹ Disfunkcija bilo kojeg od ovih elemenata može dovesti do poremećaja motiliteta koji zatim može uzrokovati simptome. Poremećaj motiliteta može biti dio organskih bolesti, ali i funkcijskih poremećaja, stoga je vrlo teško odrediti njegovu incidenciju. Najčešći poremećaji motiliteta u

SAŽETAK. Poremećaji motiliteta želuca javljaju se u mnogim gastrointestinalnim bolestima djece te mogu biti dio organskih bolesti, ali i funkcijskih poremećaja. Gastrointestinalni motilitet je rezultat kompleksne interakcije mišića, mijenteričnog plexusa, perifernoga živčanog sustava i mozga. Kontrakcije želuca su posljedica mioelektrične aktivnosti želuca. Poremećaje motiliteta želuca možemo procijeniti pomoću elektrogastrografije (EGG), neinvasive metode koja bilježi mioelektričnu aktivnost želuca. U radu govorimo o najčešćim poremećajima motiliteta želuca u djece, indikacijama za primjenu elektrogastrografije i njezinom kliničkom značenju. Promjene EGG-a nisu specifične za određene bolesti, ali odstupanja u nalazu ukazuju na poremećaj motiliteta želuca kao dio patomehanizma nastanka nekih gastrointestinalnih poremećaja. U više studija dokazano je da je poremećaj motiliteta želuca dio patomehanizma nastanka funkcijske dispepsije, kao i da je patološki EGG prisutan i kod drugih funkcijskih tegoba, ali i kod gastroezofagealne refluksne bolesti, cikličkog povraćanja, cistične fibroze itd. Nedostatak metode je niska specifičnost nalaza. Budući da je u većini dosadašnjih studija korištena različita metodologija, potrebna su daljnja strogo standardizirana ispitivanja u djece kako bi se potvrdio klinički značaj EGG-a.

SUMMARY. Abnormal gastric motility occurs in many pediatric gastrointestinal organic diseases but also functional disorders. Gastrointestinal motility results from complex interaction of muscles, myenteric plexus, peripheral nervous system, and brain. Gastric contractions are a consequence of gastric myoelectrical activity. Gastric motility aberrations can be assessed with electrogastrography (EGG), a noninvasive technique that records gastric myoelectrical activity. In this article we review the common pediatric gastric motility disorders, indications for the use of EGG and its clinical importance. The EGG changes do not have a disease-specific pattern but a pathological finding indicates that gastric motility abnormality is part of the pathomechanism of some of the gastrointestinal disorders. More studies have shown that gastric dysmotility is part of the pathomechanism of functional dyspepsia, as well as that pathological EGG is found in other functional disorders, but also in gastroesophageal reflux disease, cyclic vomiting syndrome, cystic fibrosis etc. The disadvantage of the method is its low specificity. Most of the EGG studies used different methodology so new standardized studies in children are needed to establish its clinical significance.

djece su gastroezofagealna refluksna bolest (GERB), ahalazija, gastropareza, kronična intestinalna pseudoopstrukcija i opstipacija. Svi ovi poremećaji dokazuju se različitim dijagnostičkim metodama, a sama procjena motiliteta još je uvijek složena, nedovoljno dostupna i otežana činjenicom da, posebice u dječjoj dobi, nedostaju jasni dijagnostički kriteriji.

Metode koje rabimo u procjeni motiliteta jesu manometrijske metode (manometrija jednjaka, antrodu-

Adresa za dopisivanje:

Mia Šalamon Janečić, dr. med., <https://orcid.org/0000-0001-8861-0345>
Zavod za gastroenterologiju i poremećaje prehrane, Klinika za pedijatriju,
Klinika za dječje bolesti Zagreb, Klaićeva 16, 10 000 Zagreb,
e-pošta: miasalamon@hotmail.com

Primljeno 17. rujna 2021., prihvaćeno 25. veljače 2022.

odenalna i anorektalna manometrija, manometrija kolona), radiološke pretrage (pasaža i irigografija), scintigrafija pražnjenja želuca, izdisajni testovi. Većina ima nedostatke poput invazivnosti, izlaganja zračenju ili nelagodi, potrebe za suradnjom bolesnika, a za neke je dodatni problem i nedostatak opreme za dječju dob. S obzirom na navedene nedostatke teško je definirati referentne vrijednosti za zdravu djecu jer je u njih teško opravdati provođenje invazivnih pretraga pa se referentne vrijednosti određuju na temelju istraživanja u odraslih.

Dijagnoza poremećaja motiliteta želuca vrlo često se postavlja klinički, na temelju tipičnih simptoma, dok su dijagnostičke metode vrlo često nedostupne. Jedna od neinvasivnih metoda u procjeni motiliteta želuca jest elektrogastrografija (EGG) koja koristeći kutane elektrode bilježi mioelektričnu aktivnost želuca.

S obzirom na učestalost poremećaja motiliteta želuca u djece te dijagnostički izazov koji ove dijagnoze nose, cilj je ovog rada prikazati poremećaje motiliteta želuca te ulogu elektrogastrografije u procjeni motiliteta, njezine prednosti i nedostatke te kliničku važnost.

Metode

Ovo je pregledni članak te je za njegovu pripremu sustavno pregledana literatura objavljena na hrvatskom i engleskom jeziku u bazi *PubMed*. Za pregled literature korištene su sljedeće ključne riječi: *gastric motility disorder, gastric myoelectrical activity, dyspepsia, electrogastrography, children*. Literatura je pregledana do prosinca 2021. godine.

Rezultati

Anatomija i mioelektrična aktivnost želuca

Želudac je šuplji mišićni organ koji se dijeli u proksimalni dio (fundus i gornji dio korpusa) i distalni dio (donji dio korpusa, antrum, pilorus). Motorna funkcija želuca ovisi o cjelovitosti probavnog sustava, signalizaciji vagusa, neurohumoralnim refleksima i motilitetu tankog crijeva. Autonomni živčani sustav regulira motilitet želuca, a glavnu ulogu ima vagus sa svojim dvojakim, sprječavajućim i potičućim utjecajem. Brzina pražnjenja želuca uvelike ovisi o volumenu, sastavu i osmolarnosti hrane odnosno tekućine u njemu. Sastav hrane utječe na hormone koji se otpuštaju iz želuca, gušterače i tankog crijeva koji potom djeluju na živčani sustav, odnosno motilitet želuca. Dio hormona (kolecistokinin, glukagonu sličan peptid 1 i leptin) usporava pražnjenje želuca, dok hormoni grelin i motilin ubrzavaju njegovo pražnjenje.² Tekućina se brže prazni ($T_{1/2}$ oko 20 minuta), a kruta hrana sporije ($T_{1/2}$ oko 120 min).³ Drugi čimbenici koji usporavaju gastrično pražnjenje, uz visoki udio masnoća i visoku osmolarnost hrane, jesu neki lijekovi (antikolinergici) i neke

bolesti/stanja (vagotomija, ulkus, neuropatija – dijabetička, autoimuna). Čimbenici koji ubrzavaju pražnjenje jesu prisutnost hrane u želucu, visoka osmolarnost sadržaja u duodenumu i neki lijekovi (kolinergici, metoklopramid). Brzina pražnjenja ovisi i o antralnoj distenziji, sadržaju u duodenumu, antroduodenalnoj koordinaciji i distenziji kolona.

Nakon ingestije hrane i prolaska u želudac kruti dio zaostaje u fundusu koji služi kao spremnik. Njegova relaksacija (posredovana vagusom i otpuštanjem dušičnog oksida) važna je jer smanjuje rizik od porasta unutarželučanog tlaka.⁴ Nakon toga hrana odlazi prema antrumu gdje koordiniranom aktivnosti dolazi do miješanja i usitnjavanja sadržaja. Kontrakcije antruma dopuštaju samo tekućoj i fino usitnjenj hrani prolaz u duodenum, dok se veće čestice retrogradno vraćaju prema korpusu. Koordinacijom antroduodenalne aktivnosti dolazi do opuštanja duodenuma tijekom kontrakcije antruma i prolaska hrane. I dok proksimalni dio želuca ima toničke kontrakcije, glatka muskulatura distalnog dijela pokazuje ritmičku aktivnost.² Ritmičke kontrakcije distalnog dijela želuca rezultat su mioelektrične aktivnosti – sporih električnih valova i superponiranih šiljaka. Spore valove generiraju Cajalove intersticijske stanice u elektrostimulacijskoj regiji smještenoj na velikoj krivini korpusa želuca i javljaju se oko tri puta u minuti.⁵ Kontrakcija je mišićni odgovor na pojavu šiljatih potencijala koji se superponiraju na vrh sporog vala.⁶ Što je veća amplituda sporog vala to je jača kontrakcija. Otklon od uredne ritmičke električne aktivnosti želuca ukazuje na poremećaj njegovog motiliteta.⁵ U periodu između obroka želudac se čisti od neprobavljenih dijelova. U ovom periodu javlja se ciklička motorna aktivnost – migrirajući motorni kompleks (MMC) odnosno slijed kontrakcija koji se širi od želuca prema tankom crijevu svakih 90 – 120 minuta, a dijeli se u tri karakteristične faze. Nakon prve faze mirovanja slijedi druga faza koju karakteriziraju nepravilne kontrakcije različitih amplituda, a u trećoj fazi, na čiji početak utječe motilin, javljaju se pravilne kontrakcije visoke amplitude koje se šire iz jednjaka ili želuca prema distalno i tada su pilorus i duodenum relaksirani kako bi bilo omogućeno čišćenje želuca. Ako ne dođe do relaksacije pilorusa javlja se opstrukcija izlaska iz želuca odnosno želučana staza.²

Klinički sindromi uzrokovani poremećajem motiliteta želuca

Poremećaji motiliteta želuca mogu se očitovati različitim kliničkim sindromima. Sindrom brzog pražnjenja želuca (*dumping*-sindrom) uzrokuje poremećaj akomodacijskog refleksa želuca, koji je pod utjecajem vagusa, te nakon ingestije obroka dolazi do ubrzanog pražnjenja koje nastaje zbog nemogućnosti proksimalnog želuca da poveća volumen bez podizanja intraže-

lučanog tlaka. Također ga može uzrokovati poremećaj antropilorične koordinacije kada nedovoljno usitnjeni, hiperosmolarni sadržaj dolazi u dvanaesnik i tanko crijevo uzrokujući pomak tekućine u crijevo, distenziju crijeva i pojačanu peristaltiku. Javlja se najčešće nakon fundoplikacije ili nekih drugih kirurških zahvata (vagotomije, piloroplastike, korekcije atrezije jednjaka) ili zbog bolusnog hranjenja u dvanaesnik ili jejunum. Simptome dijelimo na rane (rana sitost, mučnina, bolovi i grčevi, proljev, znojenje, palpitacije, hipotenzija) i kasne (hipoglikemija, glad, znojenje, slabost, sinkopa). Poboljšanje simptoma postiže se manjim, češćim obrocima ili kontinuiranim enteralnim hranjenjem, smanjenim unosom tekućine uz obrok, povećanjem viskoznosti obroka i sadržaja masnoće dodatkom dugolančanih masnih kiselina. Od medikamentozne terapije koriste se akarboza, oktreotid i diazoksid.⁴

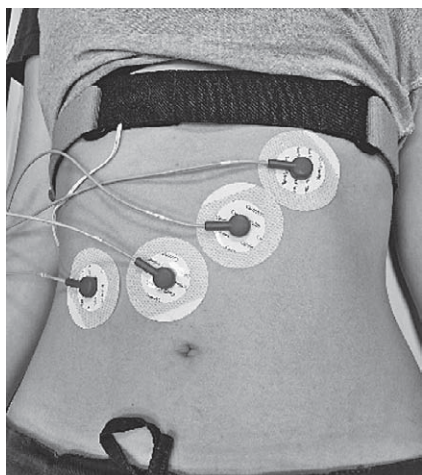
Gastropareza je poremećaj koji karakterizira odgođeno pražnjenje želuca bez mehaničke opstrukcije. Incidencija u dječjoj populaciji nije još utvrđena, u mlađe djece nema razlike u raspodjeli među spolovima, dok je kod adolescenata starijih od 17 godina učestalija u djevojaka.⁷ Gastropareza u djece većinom je idiopatska, ali dio je posljedica infekcije rotavirusom, Epstein-Barrinim virusom, citomegalovirusom ili nekim drugim virusima. Može biti uzrokovana i lijekovima kao što su antikolinergici, agonisti alfa-2 adrenergika, inhibitori protonske pumpe i antagonisti histaminskih 2 receptora. Dijabetička gastropareza, česta u odraslih, u djece je rijetka s obzirom na to da se autonomna neuropatija javlja većinom tek desetak godina nakon početka bolesti. Postkirurška gastropareza uzrokovana je ozljedom vagusa, a javlja se ponekad kao komplikacija fundoplikacije te transplantacije srca ili pluća. Drugi mogući opisani uzroci gastropareze koji se češće javljaju u djece jesu alergija na proteine kravljeg mlijeka, eozinofilni gastroenteritis, celijakija i cistična fibroza.⁴ Gubitak intersticijskih Cajalovih stanica opisan je kao glavni stanični poremećaj u gastroparezi, a uzrokuje disritmičnu aktivnost sporih valova.⁸ Simptomi koji se javljaju uz gastroparezu jesu povraćanje (42 – 68%), bolovi u trbuhu (35 – 51%), mučnina (28 – 29%), gubitak na tjelesnoj masi, osjećaj rane sitosti i napuhnutost.⁹ Iako se bolovi i mučnina javljaju odmah nakon jela, povraćanje se tipično javlja tek nekoliko sati nakon obroka. U terapiji gastropareze bitne su promjene u načinu prehrane – preporučuju se manji, češći obroci s manjim udjelom masnoća, prekida se uzimanje lijekova koji mogu ometati motornu želučanu funkciju, a kod perzistirajućih tegoba indicirana je medikamentozna terapija prokineticima. Prokinetici mogu djelovati različitim mehanizmima. Metoklopramid i domperidon su antagonisti receptora dopamina koji inače inhibira motornu aktivnost želuca. Metoklopramid dodatno djeluje antiemetički stimulirajući

5-hidroksitriptamin podtip 4 i 5, ali mu je nedostatak moguća pojava ekstrapiramidnih poremećaja, a produljeno uzimanje može uzrokovati tardivnu diskineziju te se smije koristiti najdulje tri mjeseca. Oba ova lijeka mogu produljiti QTc i dovesti do aritmija te je prije upotrebe potrebno učiniti EKG i izbjegavati istovremenu upotrebu drugih lijekova koji produljuju QTc. Makrolidi poput eritromicina i azitromicina aktiviraju receptore motilina u želucu, ali zbog tahifilaksije, brzog razvoja smanjenog odgovora na lijek, djelotvorni su samo kroz nekoliko dana.

Funkcijska dispepsija (FD) je čest problem u pedijatrijskoj populaciji, opisuje se u 3 – 27% djece i može značajno utjecati na kvalitetu života, ali i javnozdravstvene troškove.¹⁰ FD je definirana Rimskim kriterijima IV kao tegobe u vidu boli ili nelagode u gornjem dijelu abdomena koje nisu povezane s defekacijom, osjećaj rane sitosti ili punoće, a tegobe su prisutne barem četiri dana u mjesecu i perzistiraju dva mjeseca, bez jasnog organskog uzroka.¹¹ Razlikuje se od sindroma iritabilnog crijeva po tome što defekacija ne dovodi do osjećaja olakšanja i nije povezana uz promjenu u konzistenciji i/ili učestalosti stolice.⁴ Više čimbenika utječe na razvoj FD-a, a to su usporeno pražnjenje želuca, poremećena želučana akomodacija, visceralna hipersenzitivnost i disfunkcija vagusa, a značajna je uloga i psihičkih poremećaja poput anksioznosti i psihosomatskih tegoba.⁴ U više radova opisuje se povezanost poremećaja antroduodenalnog motiliteta odnosno hipomotilitet antruma kao dio patomehanizma FD-a, ali bez patognomoničnog uzorka poremećaja motiliteta.^{12–15} Empirijska terapija su inhibitori protonske pumpe, a u dijela osoba i prokinetici dovode do poboljšanja, kao i neki psihofarmaci u slučaju udružene anksioznom poremećajem.

Elektrogastrografija i njezina uloga u dijagnostici poremećaja motiliteta želuca

Postoji više metoda kojima se služimo za procjenu motiliteta želuca i njegovih poremećaja. Scintigrafija pražnjenja želuca je standardna metoda procjene brzine pražnjenja želuca u kojoj se, ako je dva sata nakon jela više od 60% obroka u želucu, odnosno nakon četiri sata više od 10%, utvrđuje odgođeno pražnjenje želuca. Ultrazvuk, magnetska rezonancija, C¹³ izdisajni test, SPECT (engl. *single photon emission computed tomography*) i antroduodenalna manometrija različite su metode kojima je moguće evaluirati različite elemente motiliteta, gastropareze i odgovora na prokinetičku terapiju. Elektrogastrografija (EGG) je također metoda procjene motiliteta želuca. Ovom neinvazivnom dijagnostičkom metodom bilježi se mioelektrična aktivnost želuca pomoću kutanih elektroda smještenih na određenim položajima na koži abdomena iznad projekcije želuca (slika 1).⁶ EGG prikazuje frekvenciju i amplitudu sporih gastričnih valova te kore-



SLIKA 1. POLOŽAJ ELEKTRODA NA STIJENCI ABDOMENA KOD SNIMANJA EGG-A

FIGURE 1. EGG ELECTRODE PLACEMENT ON THE ABDOMINAL WALL

lira motilitetu želuca s obzirom na to da spori valovi kontroliraju frekvenciju i propagaciju želučanih kontrakcija, a njihova amplituda određuje snagu kontrakcije. Na amplitudu utječe debljina abdominalne stijenke, što onemogućuje interpersonalno uspoređivanje amplituda, ali je zato u tijeku jednog snimanja promjena amplitude prije i nakon obroka značajan parametar koji određuje uredan odgovor sporih valova.¹⁶ Normogastrija je frekvencija sporih valova od 2 – 4 ciklusa (kontrakcije) u minuti (cpm), a devijacija od ovog ritma označava se kao bradigastrija (<2 cpm), tahigastrija (>4 cpm), koja je često ektopičan ritam, ili disritmija odnosno nepravilan ritam kontrakcija. Jedan od znakova disritmije jest također promjenjiva morfologija signala odnosno vala.¹⁷ Gastrične disritmije uzrokuju poremećaj kontrakcija i povezane su sa simptomima mučnine i povraćanja. Disritmija može biti uzrokovana abnormalnim provođenjem, blokovima, ektopičnim *pacemakerima* ili retrogradnim provođenjem; bitno je znati da se disritmije mogu javiti i unutar normalnih sporovalnih frekvencija, a uredno provođenje ponekad se javlja u frekvencijama koje se ne smatraju urednim, što pojam normalne frekvencije čini spornim.⁸ Relativno niska senzitivnost i specifičnost promjena u EGG-u mogu otežati razlikovanje bolesnika i zdravih kontrola.¹⁷ EGG se smatra patološkim ukoliko se normogastrija evidentira u manje od 70% snimljenog vremena.¹⁸ Frekvencija i amplituda razlikuju se prije i nakon obroka. U zdravih pojedinaца očekivano je da nakon obroka dolazi do porasta amplitude sporih valova, a time i do porasta snage kontrakcija, te je odnos amplituda postprandijalno naspram preprandijalno u zdravih osoba >1. Zabilježene promjene u EGG-u nakon obroka ovise o sastavu i kalorijskoj vrijednosti testnog obroka, stoga se preporučuje da obrok bude standardiziran.⁶

Uspoređujući nalaz EGG-a sa scintigrafijom pražnjenja želuca bitno je znati da njihovi nalazi ne koreliraju jednoznačno, ali su ove dvije metode komplementarne u procjeni motiliteta želuca.¹⁹ Odgođeno pražnjenje želuca može se predvidjeti patološkim nalazom EGG-a sa specifičnosti od 80% i osjetljivosti od 55 – 60%.²⁰

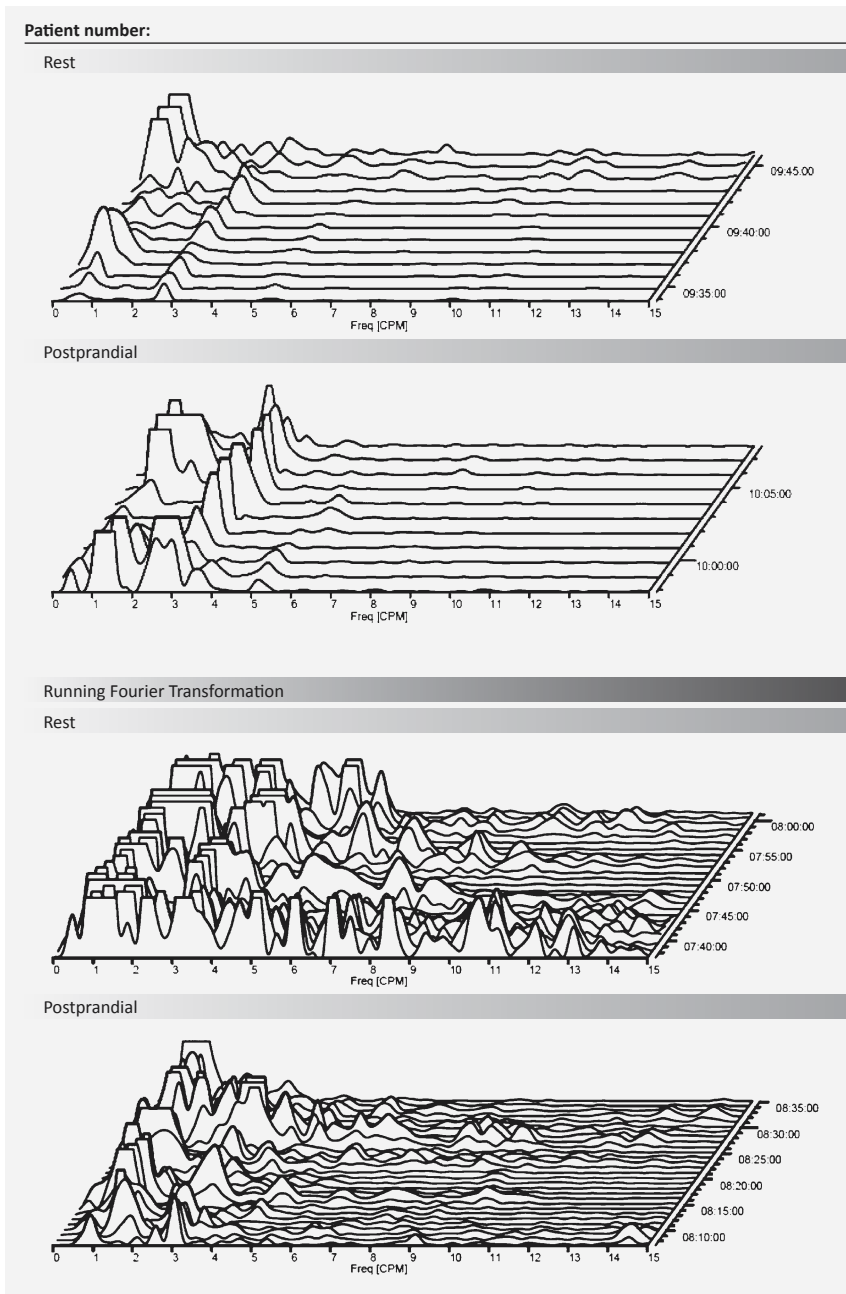
Provođenje EGG-a

Prije same pretrage preporučuje se ukinuti sve lijekove koji utječu na motilitet želuca (antiemetici, prokinetici, antagonisti H2 receptora, inhibitori protonske pumpe) osim ako je pretraga indicirana kako bi se procijenila učinkovitost promotilitetne terapije. Ako je dijete na antibioticima zbog akutne bolesti, EGG treba odgoditi do završetka terapije. Pacijent treba šest sati prije ispitivanja biti natašte, a prilikom snimanja nikakva električna oprema, uključujući mobilne telefone, tablete, prijenosne DVD uređaje i slično, ne smije biti u blizini jer bi navedeno moglo prouzrokovati smetnje prilikom snimanja. Tijekom snimanja potrebna je i suradnja ispitanika, budući da osoba koja se testira treba mirno ležati tijekom cijelog snimanja, te je potrebno evidentirati značajnije pomicanje kako bi se kasnije uklonili artefakti. Procedura započinje postavljanjem 4 Ag/AgCl signalne elektrode na točno određene položaje (slika 1). Snimanje traje oko 1 – 2 sata. U prvoj fazi (30 – 60 minuta) snima se osnovni ritam, a nakon konzumacije testnog obroka (10 kcal/kg) snima se postprandijalni period (30 – 60 minuta). Nakon snimanja provodi se vizualna analiza, uklanjaju se artefakti pomicanja te se zatim provodi analiza pomoću softverskog programa kojim se pojačava i filtrira snimljeni EGG signal i analizira pomoću transformacijskog sistema *fast Fourier*. U nalazu elektrogastrografije određuju se ovi glavni parametri: postotak određenih frekvencija u snimljenom periodu (normogastrija, bradigastrija i tahigastrija, disritmija), postotak uredne frekvencije u vremenu snimanja preprandijalno i postprandijalno, dominantna frekvencija i snaga sporih valova te dominantna reakcija na obrok odnosno promjena frekvencije i omjer amplitude nakon i prije uzimanja obroka koja bi trebala biti, kao što je već navedeno, >1. U tijeku jednog snimanja mogu se javiti svi oblici poremećaja ritma želuca.²¹

Slika 2 prikazuje jedan uredan nalaz elektrogastrografije, a na slici 3 prikazan je patološki nalaz EGG-a u kojemu je veći udio bradigastrije preprandijalno i odsutnost adekvatnog porasta amplitude postprandijalno.

Klinička važnost EGG-a

Preporučene indikacije za elektrogastrografiju Američkog društva za motilitet jesu mučnina i povraćanje nejasnog uzroka, funkcijske dispeptičke tegobe i ga-



SLIKA 2. UREDAN NALAZ EGG-A: UDIO NORMOGASTRIJE PREPRANDIJALNO I POSTPRANDIJALNO JEST 90%, OMJER SNAGE POSTPRANDIJALNO/PREPRANDIJALNO JEST 6,9
 FIGURE 2. NORMAL EGG FINDING: THE PERCENTAGE OF NORMOGASTRIA PRE- AND POSTPRANDIALLY IS 90%, THE POWER RATIO IS 6.9

SLIKA 3. PATOLOŠKI NALAZ EGG-A: ZNAČAJAN UDIO BRADYGASTRIJE TIJEKOM SNIMANJA NATAŠTE (50%), DOK JE POSTPRANDIJALNO UREDAN UDIO NORMOGASTRIJE (75%), ALI BEZ PORASTA AMPLITUDE ODNOSNO SNAGE, OMJER SNAGE POSTPRANDIJALNO /PREPRANDIJALNO 0,63
 FIGURE 3. PATHOLOGICAL EGG FINDING: A HIGHER PRE-PRANDIAL PERCENTAGE OF BRADYGASTRIA (50%) WHILE POSTPRANDIALLY THERE IS A NORMAL PERCENTAGE OF NORMOGASTRIA (75%) BUT THERE IS NO POWER INCREASE, POSTPRANDIAL /PREPRANDIAL POWER RATIO IS 0.63

stropareza²², ali može se koristiti i za procjenu djelotvornosti prokinetičke terapije i nekih gastrointestinalnih zahvata, za procjenu zahvaćenosti želuca kod djece s kroničnom intestinalnom pseudoopstrukcijom, kao i za analizu poremećaja mioelektrične aktivnosti želuca u drugim gastroenterološkim bolestima. Nalaz EGG-a ne postavlja dijagnozu određene bolesti, ali patološki nalaz ukazuje na poremećaj motiliteta želuca kao dio patomehanizma brojnih gastrointestinalnih stanja i bolesti.²³ Ukupno je objavljeno pedesetak studija u kojima se određuju referentne vrijednosti parametara elektrogastrografije u zdravoj pedijatrijskoj populaciji ili analiziraju promjene u nalazu elektrogastrografije u različitim gastroenterološkim poremećajima. Većina

studija međutim koristi različitu metodologiju, od različitog broja elektroda pomoću kojih se snima mioelektrična aktivnost želuca do različitih testnih obroka i različitog trajanja snimanja i metoda analize podataka, što značajno otežava uspoređivanje rezultata. Također, često se radi o studijama s relativno malim brojem ispitanika. Više studija analiziralo je uredne vrijednosti EGG parametara u zdrave novorođenčadi, djece i adolescenata. Prema analizi Friesena i suradnika utvrđeno je da se kriteriji za normalan nalaz EGG-a u odraslih Američkog društva za motilitet mogu primijeniti i kod djece i adolescenata ako se koristi ista metodologija i obrok sličan onima koji su se koristili za određivanje

normi u odraslih.²⁴ Parametri EGG-a nisu pod utjecajem indeksa tjelesne mase i spola.^{25,26} Iz studija zaključujemo da postoji proces dozrijevanja sporih želućanih valova nakon rođenja.^{27,28} Normogastrija se evidentira od rane gestacijske dobi, ali postaje dominantnim ritmom od 35. tjedna gestacije²⁹, udio normogastrije raste s dobi³⁰, a obrazac EGG-a približava se onom u odraslih u prvom desetljeću života.³¹ Međutim, nisu sve studije pokazale ovakav obrazac – u studiji Preciosa i suradnika uzorak EGG-a sličan je u prijevremeno i terminski rođene novorođenčadi³², a ni u studiji Lange i suradnika nisu utvrđene statistički značajne razlike u parametrima EGG-a u različitim skupinama po gestacijskoj dobi.³³ Razlike u rezultatima ovih studija moguće su i posljedica različitih protokola odnosno obroka (sadržaj i količina), različitog smještaja elektroda, opreme i softvera korištenih za analizu podataka.

Od ostalih studija koje analiziraju ulogu odstupanja u EGG-u u raznim gastroenterološkim poremećajima, najviše je studija koje analiziraju povezanosti poremećaja mioelektrične aktivnosti i FD-a, a radi bolje preglednosti navodimo navedene studije i njihove glavne zaključke tablično (tablica 1). Više studija pokazalo je da osobe s FD-om imaju češće odstupanja u nalazu elektrogastrografije i zaključilo da poremećaji mioelektrične aktivnosti želuca sudjeluju u patomehanizmu nastanka funkcijske dispepsije.^{12,18,34,35,36} Riezzo i suradnici u svojoj su studiji utvrdili da je u djece s FD-om veći postotak tahigastrije (preko 20%) i prije i poslije obroka, kao i značajno manji porast amplitude postprandijalno u odnosu na zdrave kontrole.³⁴ U studiji Friesena i suradnika u djece s FD-om čak 50% bolesnika je imalo odstupanja u nalazu EGG-a³⁵ dok je u studiji Xu i suradnika više od 60% djece s FD-om imalo veći udio disritmije preprandijalno i postprandijalno, manji udio normogastrije nego kontrole, kao i slabiji porast snage sporih valova postprandijalno.³⁶ Nalaz EGG-a također nam u nekim slučajevima može pomoći u odabiru terapije; tako su neke studije u odraslih pokazale da osobe s FD-om i abnormalnim nalazom EGG-a imaju bolji odgovor na terapiju prokineticima nego osobe s dispepsijom i normalnim nalazom EGG-a.²² U djece s dispepsijom Riezzo i suradnici su pokazali da je nakon terapije prokinetikom, cisapri-dom, 9 od 10 djece imalo porast u udjelu i stabilnosti normogastrije.³⁷ U jednoj studiji na odraslima Kamiya i suradnici pokazali su da inhibitor protonske pumpe (IPP) povećava udio normogastrije preprandijalno, ali nema utjecaj na druge EGG parametre kao ni na pražnjenje želuca te su zaključili da, iako nema izravan utjecaj na motilitet, IPP poboljšava mioelektričnu aktivnost, što bi mogao biti jedan od mehanizama kako pomaže osobama s FD-om.³⁸

Poremećaji motiliteta i mioelektrične aktivnosti također sudjeluju u etiopatogenezi drugih funkcijskih

poremećaja kao što su sindrom iritabilnog kolona i funkcijski bolovi u abdomenu.^{39,40} U studiji Ućinowicza i suradnika utvrđena su različita odstupanja mioelektrične aktivnosti želuca u djece s funkcijskim bolovima u trbuhu, na primjer veći udio bradigastrije preprandijalno, ali nije utvrđen obrazac odstupanja EGG-a koji bi razlikovao funkcijske bolove od drugih poremećaja.⁴¹ Gastrična disritmija dio je patomehanizma nastanka i gastroezofagealnog refluksa.⁴² U bolesnika sa stanjem nakon kirurške korekcije atrezije jednjaka poznato je da su česti poremećaji motiliteta jednjaka, eozinofilni ezofagitis i gastroezofagealni refluks, ali postoje pokazatelji koji ukazuju da i poremećaj motiliteta želuca doprinosi dispeptičkim tegobama ovih bolesnika. Tako su Bokay i suradnici u jednoj manjoj studiji u čak 73,3% bolesnika sa stanjem nakon operirane atrezije jednjaka utvrdili patološki EGG.⁴³ Povraćanje je često i u djece s bolestima centralnoga živčanog sustava (CNS) i često je posljedica gastroezofagealnog refluksa. Među djecom s bolestima CNS-a koja povraćaju u njih 62% dokazana je gastrična disritmija, a njih 32% imalo je gastroezofagealni refluks i gastričnu disritmiju.⁴⁴ Djeca sa sindromom cikličkog povraćanja također imaju poremećaje u nalazu EGG-a kao što su preprandijalna tahigastrija i izraženija postprandijalna tahigastrija, čak i kad su u asimptomatskoj fazi.⁴⁵ U bolesnika s kroničnom intestinalnom pseudoopstrukcijom (CIPO) javljaju se različita odstupanja mioelektrične aktivnosti želuca, kao i u bolesnika s cističnom fibrozom, recimo u djece s cističnom fibrozom veći je udio tahigastrije.^{46,47} Kako je ranije napomenuto, dijabetička gastropareza nije česta u djece, ali je više studija pokazalo da je u djece sa šećernom bolesti tipa 1 hiperglikemija povezana s poremećajem mioelektrične aktivnosti želuca i to već u ranoj fazi bolesti.^{48,49,50} Navedeni poremećaj može doprinijeti slabijoj kontroli glikemije, moguće neusklađenošću početka djelovanja inzulina i dotoka nutrijenata u tanko crijevo, te je u djece s dijabetesom i nejasnom slabom kontrolom glikemije korisno istražiti odstupanja u motilitetu želuca, a u slučaju odstupanja utvrđen je povoljan učinak prokinetika na metaboličku kontrolu dijabetesa.^{50,51} Nalaz poremećene mioelektrične aktivnosti može se utvrditi i u djece s poremećajem jedenja, često se javlja bradigastrija, a poremećen obrazac jedenja i učestalo samoinducirano povraćanje može inducirati poremećenu mioelektričnu aktivnost želuca te se razvija začarani krug.⁵²

Zaključak

Poremećaji mioelektrične aktivnosti i motiliteta želuca javljaju se u mnogim gastrointestinalnim bolestima i uzrok su tegoba kao što su mučnina, povraćanje i dispepsija, koji su česti simptomi bolesnika koji se obrađuju i prate kod pedijatrijskog gastroenterologa.

TABLICA 1. STUDIJE KOJE ANALIZIRAJU MIOELEKTRIČNU AKTIVNOST ŽELUCA U DJECE S FUNKCIJSKOM DISPEPSIJOM
 TABLE 1. STUDIES ANALYZING GASTRIC MYOELECTRICAL ACTIVITY IN CHILDREN WITH FUNCTIONAL DYSPESPIA

Funkcijska dispepsija (FD), ezofagitis i gastritis / Functional dyspepsia (FD), esophagitis and gastritis		
Prvi autor i naziv rada / First author and article name	Broj sudionika / Number of participants	Nalazi i zaključci / Findings and conclusions
Friesen i sur. Antral inflammatory cells, gastric emptying, and electrogastrography in pediatric functional dyspepsia. <i>Dig Dis Sci.</i> 2008 Oct;53(10):2634–40.	30	Gustoća infiltracije mastocitima povezana je s usporenim pražnjenjem želuca i preprandijalnom disritmijom, što moguće ukazuje na povezanost upale antruma i želučane elektromehaničke disfunkcije u patomehanizmu funkcijske dispepsije. / Mast cell density is associated with delayed gastric emptying and preprandial dysrhythmia, suggesting that there may be an interaction between antral inflammation and gastric electromechanical dysfunction in the pathophysiology of pediatric functional dyspepsia.
Chen JD i sur. Gastric myoelectrical activity in healthy children and children with functional dyspepsia. <i>Dig Dis Sci.</i> 1998 Nov;43(11):2384–91.	15 (+17 kontrola)	Udio normogastrije preprandijalno i postprandijalno manji je u djece s FD-om. Postprandijalni porast snage obrnuto je proporcionalan broju simptoma. Abnormalna mioelektrična aktivnost želuca moguće sudjeluje u patomehanizmu FD-a u djece. / The percentage of normogastria in both pre- and postprandial state is lower in children with FD. The postprandial increase in EGG dominant power is inversely correlated with the total symptom score. Abnormal gastric myoelectrical activity may play a role in the pathogenesis of pediatric FD.
Cucchiara S i sur. Electrogastrography in non-ulcer dyspepsia. <i>Arch Dis Child.</i> 1992 May;67(5):613–7.	14 (+10 kontrola)	Osobe s FD-om imaju manji udio normogastrije, a veći udio disritmija u odnosu na zdrave kontrole. / Children with FD have a lower percentage of normogastria and a higher percentage of dysrhythmia than controls.
Szaflarska-Popławska A i sur. Gastric myoelectrical activity in children and youth with dyspeptic symptoms. <i>Pol Merkur Lek.</i> 2006 Oct;21(124):325–9.	113	U djece s dispepsijom infekcije <i>H. pylori</i> i GER utječu na mioelektričnu aktivnost želuca, tj. ta djeca imaju abnormalnosti u EGG-u, pretežno preprandijalno. / In dyspeptic children <i>Helicobacter pylori</i> infection and/or GER have influence on the gastric myoelectrical activity, there are EGG abnormalities in these patients, mostly preprandially.
Vargas-Luna FM i sur. Electrogastrographic and autonomic nervous system responses to solid and liquid meals in youth with functional dyspepsia. <i>Neurogastroenterol Motil.</i> 2020 Apr;32(4):e13785.	12 (+14 kontrola)	Mladi s FD-om (prema Rimskim kriterijima IV) nemaju normalan postprandijalni odgovor snage/amplitude nakon tekućeg obroka. / Youth with Rome IV-defined FD lacks the normal postprandial EGG dominant power response following a liquid meal.
Leung MW i sur. Electrogastrography in the management of pediatric functional dyspepsia and motility disorder. <i>J Pediatr Surg.</i> 2006 Dec;41(12):2069–72.	17 FD + 9 poremećaja motiliteta + 8 kontrola	Abnormalan nalaz EGG-a češći je u djece s FD-om nego u kontrola, a utvrđen je i u 55,6% djece s poremećajem motiliteta. / Abnormal EGG patterns occur more often in children with FD than in controls, and they are also found in 55.6% of patients with gastrointestinal motility disorders.
Xu Z i sur. Relationship between electrogastrogram and gastric emptying in children with functional dyspepsia. <i>Zhonghua Er Ke Za Zhi.</i> 2010 Apr;48(4):249–53.	51 (+25 kontrola)	Udio normogastrije u djece s FD-om značajno je niži nego u zdravih kontrola. 62,7% djece s FD-om imalo je miješane disritmije preprandijalno i postprandijalno. Abnormalna mioelektrična aktivnost želuca moguće sudjeluje u patogenezi FD-a. / Normogastria percentage in children with FD is significantly lower than in healthy controls. 62.7% of children with FD had mixed dysrhythmia preprandial and postprandial recordings. Abnormal gastric electrical activity may have certain significance in pathogenesis of FD.

TABLICA 1. NASTAVAK

TABLE 1. CONTINUED

Funkcijska dispepsija (FD), ezofagitis i gastritis / Functional dyspepsia (FD), esophagitis and gastritis		
Prvi autor i naziv rada / First author and article name	Broj sudionika / Number of participants	Nalazi i zaključci / Findings and conclusions
Friesen CA i sur. Electrogastrography in pediatric functional dyspepsia: relationship to gastric emptying and symptom severity. <i>J Pediatr Gastroenterol Nutr.</i> 2006 Mar;42(3):265–9.	30	47% djece s dispepsijom imalo je usporeno pražnjenje želuca na scintigrafiji, a 50% je imalo abnormalan EGG. Usporeno pražnjenje želuca utvrđeno je u 73% djece s abnormalnim EGG-om i u 20% djece s urednim EGG-om. 60% djece s dispepsijom imalo je ili usporeno pražnjenje ili abnormalnosti EGG-a. Bolesnici s abnormalnim EGG-om češće su imali i usporeno pražnjenje. Abnormalnosti u EGG-u povezane su s jačim bolovima postprandijalno i mogući su mehanizam nastanka dispeptičkih simptoma. / 47% of children with dyspepsia had slow gastric emptying on scintigraphy, and 50% had an abnormal EGG. Gastric emptying (GE) was slow in 73% of patients with an abnormal EGG and it was slow in 20% of patients with normal EGG. 60% of children with functional dyspepsia had either slow GE or abnormal EGG. Patients with abnormal EGG were more likely to have slow GE. EGG abnormalities were associated with more severe postprandial pain and should be considered a possible mechanism for dyspeptic symptoms.
Riezzo G i sur. Comparison of gastric electrical activity and gastric emptying in healthy and dyspeptic children. <i>Dig Dis Sci.</i> 2000 Mar;45(3):517–24.	51 (+114 kontrola)	U djece s dispepsijom utvrđen je veći udio tahigastrije i nestabilnosti snage i niži omjer snage post-/preprandijalno. / Higher percentage of tachygastria, higher instability of gastric power, and lower post/preprandial ratio were present in dyspeptic children.
Lim KI i sur. Association between Minimal Change Esophagitis and Gastric Dysmotility: A Single-Center Electrogastrography and Endoscopy Study in Children. <i>Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr.</i> 2018 Jan;21(1):20–7.	157	Odnos postprandijalne i preprandijalne snage, tj. amplitude značajno je različit u djece s ezofagitisom minimalnih promjena u odnosu na zdrave. Infekcija <i>H. pylori</i> povezana je s postprandijalnom aritmijom. Kod djece dismotilitet želuca (tj. abnormalnosti u EGG-u) može utjecati na razvoj ezofagitisa minimalnih promjena. Infekcija <i>H. pylori</i> također može utjecati na poremećaj mioelektrične aktivnosti želuca. / Postprandial/preprandial power ratio differed significantly between children with minimal change esophagitis (MCE) and healthy controls. Helicobacter pylori infection correlated with postprandial arrhythmia. In children, gastric dysmotility (EGG abnormalities) may affect the development of MCE. H. pylori infection may also affect gastric myoelectrical activity.
Cucchiara S i sur. Gastric electrical dysrhythmias and delayed gastric emptying in gastroesophageal reflux disease. <i>Am J Gastroenterol.</i> 1997 Jul;92(7):1103–8.	42 (20 blagi GER, 22 teški GER)	Disritmija se javljala češće u djece s GER-om u odnosu na zdrave kontrole. Djeca s teškim GER-om imala su manji porast snage postprandijalno i veću varijabilnost frekvencija te produljeno pražnjenje želuca. Udio normogastrije i disritmija nije razlikovao dvije grupe bolesnika. / Dysrhythmia was more common in children with GER than in controls. Children with severe GER had reduced electrogastrographic dominant power, increased frequency variability and prolonged gastric emptying time. Prevalence of normogastria and dysrhythmias did not discriminate the two groups of patients.
Friesen CA i sur. Chronic gastritis is not associated with gastric dysrhythmia or delayed solid emptying in children with dyspepsia. <i>Dig Dis Sci.</i> 2005 Jun;50(6):1012–8.	22	U djece s dispepsijom kronična upala antruma uz uredan makroskopski nalaz gastroskopije nije povezana s odstupanjima u EGG-u ili odgođenim pražnjenjem želuca. Moguće je da su kronični gastritis i disritmija dva različita mehanizma koja rezultiraju simptomima dispepsije. / In children with dyspepsia, chronic antral inflammation with normal gross endoscopy is not associated with EGG abnormalities or delayed solid emptying. Chronic gastritis and gastric dysrhythmia may be two distinct mechanisms resulting in symptoms of dyspepsia.

EKG je metoda koja procjenjuje mioelektričnu aktivnost želuca i čiji rezultat može ukazati na poremećaj motiliteta želuca kao mogući uzrok navedenih tegoba. Glavne prednosti ove metode su jednostavnost, neinvazivnost, odsutnost boli ili izloženosti zračenju, a nalaz nije podložan subjektivnoj interpretaciji. Relativni nedostaci pretrage su dugo trajanje samog snimanja i potrebna suradljivost pacijenta. Međutim, najvažniji nedostatak jest da za sada metodologija nije do kraja standardizirana te da nalazi pokazuju nisku specifičnost. Ipak, uvid u nalaz pomaže nam u razjašnjavanju etiologije tegoba i u odabiru bolesnika kod kojih bi prokinetička terapija mogla dati povoljne rezultate, te u evaluaciji uspješnosti te terapije.

U budućnosti su potrebna daljnja standardizirana istraživanja u dječjoj dobi koja bi nam pomogla u još boljoj kliničkoj interpretaciji nalaza EKG-a.

LITERATURA

1. Camilleri M, Hasler WL, Parkman HP, Quigley EM, Soffer E. Measurement of gastrointestinal motility in the GI laboratory. *Gastroenterology*. 1998;115(3):747–62.
2. Goyal RK, Guo Y, Mashimo H. Advances in the physiology of gastric emptying. *Neurogastroenterol Motil*. 2019;31(4):e13546.
3. Camilleri M. Integrated upper gastrointestinal response to food intake. *Gastroenterology*. 2006;131(2):640–58.
4. Yeung AK, Di Lorenzo C. Gastric Motility Disorders. U: Wyllie R, Hyams JS, Kay M, ur. *Pediatric Gastrointestinal and Liver Diseases*. 5. izd. Philadelphia: Elsevier; 2016, str. 328–39.
5. Murakami H, Matsumoto H, Ueno D, Kawai A, Ensako T, Kaida Y i sur. Current status of multichannel electrogastrography and examples of its use. *J Smooth Muscle Res*. 2013;49:78–88.
6. Yin J, Chen JD. Electrogastrography: methodology, validation and applications. *J Neurogastroenterol Motil*. 2013;19(1):5–17.
7. Waseem S, Islam S, Kahn G, Moshiree B, Talley NJ. Spectrum of gastroparesis in children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2012;55(2):166–72.
8. Angeli TR, Cheng LK, Du P, Wang TH, Bernard CE, Vannucchi MG i sur. Loss of Interstitial Cells of Cajal and Patterns of Gastric Dysrhythmia in Patients With Chronic Unexplained Nausea and Vomiting. *Gastroenterology*. 2015;149(1):56–66.e5.
9. Waseem S, Islam S, Kahn G, Moshiree B, Talley NJ. Spectrum of gastroparesis in children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2012;55(2):166–72.
10. Ganesh M, Nurko S. Functional dyspepsia in children. *Pediatr Ann*. 2014;43(4):e101–5.
11. Hyams JS, Di Lorenzo C, Saps M, Shulman RJ, Staiano A, van Tilburg M. *Functional Disorders: Children and Adolescents*. *Gastroenterology*. 2016 Feb 15;S0016-5085(16)00181-5.
12. Cucchiara S, Riezzo G, Minella R, Pezzolla F, Giorgio I, Auricchio S. Electrogastrography in non-ulcer dyspepsia. *Arch Dis Child*. 1992;67(5):613–7.
13. Pfaffenbach B, Adamek RJ, Bartholomäus C, Wegener M. Gastric dysrhythmias and delayed gastric emptying in patients with functional dyspepsia. *Dig Dis Sci*. 1997;42(10):2094–9.
14. Riezzo G, Chiloiro M, Russo F, Clemente C, Di Matteo G, Guerra V i sur. Gastric electrical activity and gastrointestinal hormones in dyspeptic patients. *Digestion*. 2001;63(1):20–9.
15. Lin X, Chen JZ. Abnormal gastric slow waves in patients with functional dyspepsia assessed by multichannel electrogastrography. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2001;280(6):G1370–G1375.
16. Levy J. Use of electrogastrography in children. *Curr Gastroenterol Rep*. 2002;4(3):259–65.
17. Calder S, O'Grady G, Cheng LK, Du P. A Simulated Anatomically Accurate Investigation Into the Effects of Biodiversity on Electrogastrography. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2020;67(3):868–75.
18. Leung MW, Wong BP, Chao NS, Chung KW, Kwok WK, Liu KK. Electrogastrography in the management of pediatric functional dyspepsia and motility disorder. *J Pediatr Surg*. 2006;41(12):2069–72.
19. Barbar M, Steffen R, Wyllie R, Goske M. Electrogastrography versus gastric emptying scintigraphy in children with symptoms suggestive of gastric motility disorders. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2000;30(2):193–7.
20. Chen JD, Lin Z, Pan J, McCallum RW. Abnormal gastric myoelectrical activity and delayed gastric emptying in patients with symptoms suggestive of gastroparesis. *Dig Dis Sci*. 1996;41(8):1538–45.
21. Palčevski G, Peršić M. Važnost elektrogastrografije u dijagnostici poremećaja motiliteta želuca u dječjoj dobi. *Liječ Vjesn*. 2009;131(7–8):207–10.
22. Parkman HP, Hasler WL, Barnett JL, Eaker EY. American Motility Society Clinical GI Motility Testing Task Force. Electrogastrography: a document prepared by the gastric section of the American Motility Society Clinical GI Motility Testing Task Force. *Neurogastroenterol Motil*. 2003;15(2):89–102.
23. Riezzo G, Russo F, Indrio F. Electrogastrography in adults and children: the strength, pitfalls, and clinical significance of the cutaneous recording of the gastric electrical activity. *Biomed Res Int*. 2013;2013:282757.
24. Friesen CA, Lin Z, Schurman JV, Andre L, McCallum RW. An evaluation of adult electrogastrography criteria in healthy children. *Dig Dis Sci*. 2006;51(10):1824–8.
25. Levy J, Harris J, Chen J, Sapoznikov D, Riley B, De La Nuez W i sur. Electrogastrographic norms in children: toward the development of standard methods, reproducible results, and reliable normative data. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2001;33(4):455–61.
26. Riezzo G, Chiloiro M, Guerra V. Electrogastrography in healthy children: evaluation of normal values, influence of age, gender, and obesity. *Dig Dis Sci*. 1998;43(8):1646–51.
27. Chen JD, Co E, Liang J, Pan J, Sutphen J, Torres-Pinedo RB, Orr WC. Patterns of gastric myoelectrical activity in human subjects of different ages. *Am J Physiol*. 1997;272(5 Pt 1):G1022–7.
28. Riezzo G, Indrio F, Montagna O, Tripaldi C, Laforgia N, Chiloiro M i sur. Gastric electrical activity and gastric emptying in term and preterm newborns. *Neurogastroenterol Motil*. 2000;12(3):223–9.
29. Cucchiara S, Salvia G, Scarcella A, Rapagiolo S, Borrelli O, Boccia G i sur. Gestational maturation of electrical activity of the stomach. *Dig Dis Sci*. 1999;44(10):2008–13.
30. Patterson M, Rintala R, Lloyd DA. A longitudinal study of electrogastrography in normal neonates. *J Pediatr Surg*. 2000;35(1):59–61.
31. Cheng W, Tam PK. Gastric electrical activity normalises in the first decade of life. *Eur J Pediatr Surg*. 2000;10(5):295–9.

32. Precioso AR, Pereira GR, Vaz FA. Gastric myoelectrical activity in neonates of different gestational ages by means of electrogastrography. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo*. 2003;58(2):81–90.
33. Lange A, Huang L, Funch-Jensen P. Electrogastrography in neonates. *Neurogastroenterol Motil*. 2005 Aug;17(4):512–7.
34. Riezzo G, Chiloiro M, Guerra V, Borrelli O, Salvia G, Cucchiara S. Comparison of gastric electrical activity and gastric emptying in healthy and dyspeptic children. *Dig Dis Sci*. 2000;45(3):517–24.
35. Friesen CA, Lin Z, Hyman PE, Andre L, Welchert E, Schurman JV i sur. Electrogastrography in pediatric functional dyspepsia: relationship to gastric emptying and symptom severity. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2006;42(3):265–9.
36. Xu Z, Hu DY, Jiang XY, Pan TT, He XL, Xu H. Relationship between electrogastrogram and gastric emptying in children with functional dyspepsia. *Zhonghua Er Ke Za Zhi*. 2010;48(4):249–53.
37. Riezzo G, Cucchiara S, Chiloiro M, Minella R, Guerra V, Giorgio I. Gastric emptying and myoelectrical activity in children with nonulcer dyspepsia. Effect of cisapride. *Dig Dis Sci*. 1995;40(7):1428–34.
38. Kamiya T, Shikano M, Tanaka M, Tsukamoto H, Ebi M, Hirata Y i sur. The effect of omeprazole on gastric myoelectrical activity and emptying. *J Smooth Muscle Res*. 2011;47(3–4):79–87.
39. Portincasa P, Moschetta A, Baldassarre G, Altomare DF, Palasciano G. Pan-enteric dysmotility, impaired quality of life and alexithymia in a large group of patients meeting ROME II criteria for irritable bowel syndrome. *World J Gastroenterol*. 2003;9(10):2293–9.
40. Devanarayana NM, de Silva DG, de Silva HJ. Gastric myoelectrical and motor abnormalities in children and adolescents with functional recurrent abdominal pain. *J Gastroenterol Hepatol*. 2008;23(11):1672–7.
41. Uścińowicz M, Jarocka-Cyrta E, Kaczmarski M. Electrogastrography in children with functional abdominal pain and gastritis. *Pol Merkur Lek*. 2005;18(103):54–7.
42. Cucchiara S, Salvia G, Borrelli O, Ciccimarra E, Az-Zeqeh N, Rapagiolo S i sur. Gastric electrical dysrhythmias and delayed gastric emptying in gastroesophageal reflux disease. *Am J Gastroenterol*. 1997;92(7):1103–8.
43. Bókay J, Kis E, Verebely T. Myoelectrical activity of the stomach after surgical correction of esophageal atresia. *J Pediatr Surg*. 2005;40(11):1732–6.
44. Ravelli AM, Milla PJ. Vomiting and gastroesophageal motor activity in children with disorders of the central nervous system. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 1998;26(1):56–63.
45. Chong SK. Electrogastrography in cyclic vomiting syndrome. *Dig Dis Sci*. 1999;44(8 Suppl):64S–73S.
46. Bracci F, Iacobelli BD, Papadatou B, Ferretti F, Lucchetti MC, Cianchi D i sur. Role of electrogastrography in detecting motility disorders in children affected by chronic intestinal pseudo-obstruction and Crohn's disease. *Eur J Pediatr Surg*. 2003;13(1):31–4.
47. Schäppi MG, Roulet M, Rochat T, Belli DC. Electrogastrography reveals post-prandial gastric dysmotility in children with cystic fibrosis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2004;39(3):253–6.
48. Posfay-Barbe KM, Lindley KJ, Schwitzgebel VM, Belli DC, Schäppi MG. Electrogastrography abnormalities appear early in children with diabetes type 1. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2011;23(10):881–5.
49. Toporowska-Kowalska E, Wasowska-Królikowska K, Szadkowska A, Młynarski W, Bodalski J. Prevalence of EGG derangement in newly diagnosed type 1 diabetes in childhood. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2006;43(2):190–4.
50. Cucchiara S, Franzese A, Salvia G, Alfonsi L, Iula VD, Montisci A i sur. Gastric emptying delay and gastric electrical derangement in IDDM. *Diabetes Care*. 1998;21(3):438–43.
51. Franzese A, Borrelli O, Corrado G, Rea P, Di Nardo G, Grandinetti AL i sur. Domperidone is more effective than cisapride in children with diabetic gastroparesis. *Aliment Pharmacol Ther*. 2002;16(5):951–7.
52. Ogawa A, Mizuta I, Fukunaga T, Takeuchi N, Honaga E, Sugita Y i sur. Electrogastrography abnormality in eating disorders. *Psychiatry Clin Neurosci*. 2004;58(3):300–10.

