

Salivarna amilaza: više od pomoćnog probavnog enzima?

Lea Vuletić, dr. med. dent.¹
Prof. dr. sc. Ivan Alajbeg²

[1] Katedra za fiziologiju, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
[2] Zavod za oralnu medicinu, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Budući da je usna šupljina početni dio probavnog sustava, postojanje amilaze u slini primarno se povezuje s njezinim probavnim enzimskim djelovanjem. Ipak, aktivnost salivarne amilaze bez enzimskog djelovanja amilaza gušterače ne bi bila dovoljna za potpunu probavu prehranbenih polisaharida. S druge strane, amilaze gušterače mogu u potpunosti kompenzirati smanjenu probavnu aktivnost amilaze sline uzrokovanu primjerice hiposalivacijom. Moguće je stoga da doprinos salivarne amilaze cjelokupnoj razgradnji složenih ugljikohidrata hrane, a time i nutritivnom statusu organizma, nije najvažniji biološki učinak ovog enzima kod zdravih odraslih osoba. U svakom slučaju nije jedini jer amilaza sline svojim enzimskim, ali i neenzimskim učincima bitno sudjeluje i u određenju lokalnih ekoloških uvjeta u usnoj šupljini čime djeluje i kao endogena odrednica rizika za razvoj oralnih bolesti.

Ovaj rad opisuje biološka djelovanja salivarne amilaze i njihovo (potvrđeno ili pretpostavljeno) značenje za očuvanje oralnog zdravlja. Predstavljena su neka od područja u kojima se ispituje mogućnost primjene rezultata mjerenja koncentracije ovoga enzima u procjeni fiziološkog odgovora organizma na promijenjene (stresne) okolnosti. Praćenje promjena koncentracije salivarne amilaze koje obilježuju određena patološka stanja može doprinijeti postavljanju ispravne dijagnoze bolesti i praćenju učinaka liječenja.

Salivarna amilaza – (pomoćni) probavni enzim

Osnovna fiziološka uloga usne šupljine svakako je probavna, no

usna šupljina služi i kao alternativni put disanja te omogućuje verbalno i neverbalno komuniciranje među ljudima. Probavna uloga usne šupljine ostvaruje se mehaničkim usitnjavanjem hrane žvakanjem i njezinim miješanjem sa slinom, početnom probavom te oblikovanjem zalogaja koji će aktom gutanja biti potisnut u jednjak i želudac. Najvažniji, iako ne i jedini probavni enzim sline je salivarna amilaza ili ptijalin. Točnije, radi se o obitelji enzima budući da se pojavljuje u nekoliko izoformi koje se međusobno razlikuju nabojem i stupnjem glikozilacije (1). Salivarna amilaza razgrađuje složene ugljikohidrate hrane, prvenstveno u hrani najzastupljeniji škrob. Jednako kao i amilaze gušterače pripada skupini alfa-amilaza koje u molekulama amiloze i amilopektina, polisaharida koji izgrađuju škrob, cijepaju glikozidne veze između molekula glukoze na položaju 1:4. Time kao krajnji produkti razgradnje škroba nastaju maltoza, maltotriosa, manje količine glukoze te granični dekstrini, molekule s 1:6 glikozidnim vezama koje alfa-amilaze ne mogu pocijepati (2).

Razgradnja prehranbenih polisaharida u usnoj šupljini u pravilu ne rezultira značajnijim stvaranjem krajnjih produkata. Glavni razlozi tome su relativno kratko vrijeme zadržavanja hrane u ustima (a time i njezina doticaja sa slinom) te brz prolaz zalogaja kroz jednjak do želuca nakon gutanja. Razgradnja ugljikohidrata djelovanjem salivarne amilaze u određenoj se mjeri može nastaviti i u želucu. No ograničuje ju, a potencijalno i dokida kiselost želučanog soka. Stoga se i ove činjenice vjerojatno mogu upotrijebiti kao jedno

od utemeljenja općepoznatog savjeta za pospješivanje probave i smanjenje pojavnosti probavnih tegoba – da hranu treba dobro sažvakati prije nego se proguta. Ipak, temeljem rezultata in vitro istraživanja čini se kako sami produkti djelomične razgradnje škroba podržavaju enzimsku aktivnost salivarne amilaze u uvjetima niskog pH okoliša (3). Izbjegavanje želučane inaktivacije salivarne amilaze kod zdravih osoba vjerojatno nema posebnog značenja za učinkovitu probavu složenih ugljikohidrata hrane, no mogućnost nastavljanja njezinog hidroliznog učinka u alkalnom mediju tankog crijeva veću bi važnost mogla imati za potpuniju probavu ugljikohidrata kod bolesnika s insuficijencijom egzokrinog dijela gušterače uzrokovanom primjerice cističnom fibrozom ili kroničnim pankreatitisom (4). Također, dojenačka dob, točnije razdoblje u kojem se u prehranu djeteta osim majčinog mlijeka započnu uvoditi i druge vrste hrane, razdoblje je u kojem se salivarnoj amilazi pridaje veće probavno značenje nego inače. Razlog tome su fiziološka deficijencija gušteračnih enzima (5) te fiziološki manja kiselost želučanog soka u toj životnoj dobi. Manja kiselost želučanog soka omogućuje dulje održavanje enzimske aktivnosti djetetove vlastite salivarne amilaze kao i amilaze iz majčinog mlijeka u želucu te nastavak njihova enzimskog djelovanja i u dvanaesniku (6).

Osim vremenom zadržavanja hrane u ustima, ograničen i promjenjiv doprinos salivarne amilaze sveukupnoj probavi ugljikohidrata određen je i interindividualnim razlikama i diurnalnim varijacijama njezine koncentracije u slini, ovisnošću koncentracije

amilaze o naravi okusnog podražaja i veličini protoka sline pri stimulaciji (7) te ovisnošću enzimske aktivnosti amilaze o pH vrijednosti sline i o koncentraciji aniona (prvenstveno klorida). Na enzimsku aktivnost salivarne amilaze može utjecati i prisutnost inhibicijskih tvari u hrani poput određenih glikoproteina mahunarki i tanina (8). U sažetku se može reći kako je probavna uloga salivarne amilaze početna i djelomična razgradnja prehrambenog škroba pri čemu je intenzitet njegove razgradnje određen vremenom izloženosti škroba djelovanju amilaze te interindividualnim razlikama u čimbenicima koji određuju intenzitet njezine enzimske aktivnosti. U uvjetima normalne egzokrine funkcije gušterače smanjenje aktivnosti salivarne amilaze neće ugroziti probavu ugljikohidrata, a time ni njihovo iskorištavanje kao gradivnih elemenata ili energijskih supstrata u tijelu budući da ju u cijelosti mogu preuzeti i dovršiti amilaze iz gušteračinog probavnog soka i enzimi epitelnih stanica crijevne sluznice. No postoji jedan drugi način kojim bi, barem hipotetski, smanjenje funkcije salivarne amilaze u uvjetima normalne funkcije gušterače ipak moglo značajnije utjecati na nutritivni status organizma. Iako nema čvrstih dokaza, pretpostavlja se da salivarna amilaza ima određeno značenje za percepciju okusa što se povezuje s njezinim razgradnim djelovanjem na složene ugljikohidrate tj. s proizvodnjom niskomolekularnih ugljikohidrata, šećera (9). Također, de Vijk i sur. (10) su utvrdili kako razgradnja škroba utječe i na subjektivni doživljaj konzistencije hrane u ustima. Jednako kao što nas uživanje u aromi namirnica (svim osjetnim podražajima koje proizvodi određeni sastojak prehrane) može nagnati da ih konzumiramo često i u pretjeranoj količini, tako i umanjen ili izmijenjen prvotni (iz iskustva poznati) osjetni doživljaj hrane uslijed nedostatka sline može uzrokovati odbijanje određenih namirnica i dugoročno pogodovati razvoju pothranjenosti. Moguće je stoga da smanjena aktivnost salivarne amilaze može doprinijeti razvoju pothranjenosti kao priznate negativne posljedice dugotrajne hiposalivacije

utjecajem na subjektivni doživljaj hrane tijekom jela.

Salivarna amilaza – čimbenik u patogenezi zubnog karijesa

U prethodnom je odsječku navedeno kako se važnom zaprekom značajnijem probavnom učinku salivarne amilaze smatra razmjerno kratko vrijeme u kojem su ugljikohidrati hrane izloženi njezinom djelovanju prije nego što budu progutani. Iz toga proizlazi zaključak kako nema razloga da se razgradnja škroba u ustima ne dovrši sve do krajnjih produkata uvijek kada salivarna amilaza ima dovoljno vremena za djelovanje. Drugim riječima, budući da je škrob iz ostataka hrane zaostalih u usnoj šupljini (posebno u međuzubnim prostorima) nakon obroka izložen produljenom enzimskom djelovanju salivarne amilaze, kao konačni produkti razgradnje lokalno se stvaraju niskomolekularni ugljikohidrati, tvari koje oralne bakterije mogu koristiti kao supstrat u svom acidogenom metabolizmu. Na taj način probavno djelovanje amilaze u usnoj šupljini zauzima svoje mjesto i u složenoj patofiziologiji karijesa. No ulozi amilaze u razvoju karijesa treba pridodati i njezino neprobavno odnosno neenzimsko djelovanje koje može, ali i ne mora na rizik od karijesa utjecati istodobno s njezinom enzimskom aktivnošću i na isti način. Utvrđeno je kako se salivarna amilaza specifično i s visokim afinitetom veže za nekoliko vrsta oralnih streptokoka (*Strep. gordonii*, *Strep. mitis*, *Strep. crista* i *Strep. anginosus*) (1). Sa stajališta očuvanja zdravlja zubi to može biti i povoljna i nepovoljna pojava. Salivarna je amilaza pronađena u strukturi stečene caklinske pelikule tako da bi vezanjem uz oralne streptokoke mogla djelovati kao posrednik bakterijske adhezije na zubne površine. Formirani zubni plak koji sadrži veći udio streptokoka koji vežu amilazu može postići i veću koncentraciju salivarne amilaze. Budući da amilaza u sastavu pelikule i plaka zadržava svoju enzimsku aktivnost, razgradnjom škroba ona priskrbljuje bakterijama-kolonizatorima zubnih površina niskomolekularne ugljikohidrate čijim metaboliziranjem nastaje kiselina. Iz razlika u sadržaju ami-

laze mogle bi stoga proizlaziti razlike u karijesogenosti zubnog plaka u prisutnosti prehrambenog škroba. Ipak, vezanje amilaze s oralnim streptokokima može biti i povoljno za očuvanje oralnog zdravlja. Kada se odvija u slini, ono ograničuje bakterijsku kolonizaciju zubnih i epitelnih površina i pospješuje uklanjanje bakterija iz usne šupljine gutanjem. Upravo je olakšano uklanjanje bakterija ispiranjem sa sluznica osnovni antimikrobni učinak koji se pripisuje amilazi i koji ju svrstava među čimbenike koji doprinose prirodnoj imunosti sluznica općenito. Naime, da bi uz probavnu i zaštitna funkcija mogla biti zasebna važna fiziološka zadaća amilaze u slini potvrđuje i sinteza i izlučivanje tog enzima od strane suznih žlijezda (11). U kojoj su mjeri opisana međudjelovanja salivarne amilaze i oralnih streptokoka značajna za razvoj zubnog plaka i karijesa tek je potrebno utvrditi.

Salivarna amilaza - pokazatelj stupnja adrenergične aktivnosti

Izlučivanje sline je proces koji regulira autonomni živčani sustav. Nadzor nad sintezom i izlučivanjem bjelančevina pohranjenih u citoplazmatskim zrcima acinusnih stanica ostvaruje se primarno promjenama aktivnosti njegova simpatičkog dijela. Zbog toga je salivarna amilaza u psihoneuroendokrinologiji predložena kao jedan od bioloških pokazatelja stupnja adrenergične aktivnosti u odgovoru organizma na stres (12). Brojna istraživanja u kojima su ispitanici izlagani raznovrsnim oblicima uglavnom akutnog psihičkog stresa potvrdila su da se u stresnim okolnostima (u kojima se pojačava aktivnost simpatikus!) značajno povećava i koncentracija amilaze u slini. Za induciranje fiziološkog odgovora organizma na stres često se koriste standardizirani testovi kakav je i tzv. Trier Social Stress Test (13), no promjene salivarnih markera praćene su i u različitim nelaboratorijskim okolnostima, primjerice pri polaganju ispita (14), pri izvođenju medicinskih zahvata od strane vježbenika s malo ili bez radnoga iskustva (15) te tijekom trudnoće radi procjene akutnog stresa (16). Dušková i sur. (17) sugeriraju

kako bi povišenje razine salivarne amilaze moglo poslužiti čak i kao prediktor neuspjeha u pokušaju prestanka pušenja kod muškaraca. Novija istraživanja ukazuju na to kako se akutne promjene aktivnosti salivarne amilaze ipak ne mogu specifično vezati uz stresne okolnosti već se mogu povezati i sa svakodnevnim, „normalnim“ emocionalnim doživljajima, kako negativnim tako i pozitivnim (18). Istraživanja o povezanosti kroničnog psihičkog stresa (depresije, osjećaja egzistencijalne ugroženosti nakon prirodne katastrofe i dr.) i razine salivarne amilaze malobrojna su, no i ovdje rezultati upućuju na to da bi amilaza slin mogla biti koristan pokazatelj fizioloških promjena organizma kod dugotrajne izloženosti stresnim okolnostima (12).

U planiranju i provedbi istraživanja o promjenama aktivnosti salivarne amilaze (19) pod utjecajem odabranih vanjskih stresnih čimbenika važno je imati na umu da je razina salivarne amilaze određena i mnogim drugim eventualno prisutnim faktorima poput pušenja, kofeina, prehrambenih navika, tjelesne aktivnosti te, već spomenutih, emocionalnog i hormonskog statusa pojedinca. Rezultati istraživanja o utjecaju navedenih čimbenika pritom većinom nisu jednoznačni. Među navedenim čimbenicima pojačana tjelesna aktivnost smatra se oblikom fizičkog stresa za organizam. Fizički rad pobuđuje simpatičku aktivnost tako da su istraživanja u kojima su koncentracije salivarne amilaze mjerene tijekom i nakon vježbanja u stvari samo potvrdila očekivanje da će u takvim okolnostima njezina razina u slini porasti. S jedne strane ti rezultati potvrđuju regulacijski nadzor simpatikusa nad lučenjem salivarnih bjelančevina, a s druge strane omogućuju da se neke od njih, u prvom redu upravo salivarna amilaza, koriste kao mjera stupnja adrenergične aktivnosti pri različitim intenzitetima akutnog mišićnog opterećenja. Postoji li utjecaj kroničnog mišićnog opterećenja na intenzitet lučenja i na bazalnu koncentraciju salivarne amilaze za sada nije poznato (20, 21). Uz navedenu primjenu, rezultati nekolicine istraživanja sugeriraju

kako bi se aktivnost salivarne amilaze u fiziologiji vježbanja i sporta mogla koristiti i kao pouzdan salivarni pokazatelj dosezanja anaerobnog praga (22, 23).

Budući da koncentracija salivarne amilaze pokazuje ovisnost o stupnju podraživosti autonomnog živčanog sustava, dio istraživača ispitivao je mogućnost uporabe salivarne amilaze kao jednog od pokazatelja patološki promijenjene aktivnosti ovog dijela živčanog sustava. Istraživanja provedena na području psihijatrije sugeriraju da bi mjerenje salivarne amilaze moglo doprinijeti procjeni težine određenih psihijatrijskih poremećaja (anksioznost, patološko kockanje) (24, 25). Poremećaj aktivnosti autonomnog živčanog sustava pridružen somatskim bolestima najvjerojatniji je razlog značajnih razlika u aktivnosti salivarne amilaze utvrđenih u skupinama bolesnika s atopijskim dermatitisom (26) i astmom (27). Novija istraživanja sugeriraju kako bi testiranje amilaze slin moglo biti koristan pokazatelj u istraživanjima na području boli (28, 29) i spavanja (30) te u procjeni učinaka liječenja određenih poremećaja uključujući i procjenu učinka psihoterapije u postizanju kontrole stresa (31). Posebno značenje bi praćenje promjena salivarne amilaze moglo imati kao svojevršno sredstvo komunikacije terapeuta s osobama s teškim motoričkim i mentalnim oštećenjima u procjeni intenziteta boli i nelagode koju doživljavaju tijekom provođenja određenih medicinskih postupaka (32).

Postojeća istraživanja potvrđuju kako bi salivarna amilaza mogla biti vrijedan neinvazivnim metodom utvrđen pokazatelj aktivnosti simpatičkog živčanog sustava no daljnja su istraživanja nužna kako bi se utvrdio njezin položaj i korelacije s drugim pokazateljima pojačane aktivnosti simpatikusa te fiziološki mehanizmi koji su u podlozi pojačane sekrecije ovoga enzima u odgovoru na stres. Povišenje koncentracije amilaze u slini u odgovoru na akutni stres vjerojatno nije tek beznačajna „nuspjava“ pojačane adrenergične aktivnosti, već na neki način doprinosi sposobnosti organizma da se uspješno

nosi sa stresom. Taj se doprinos trenutno interpretira s polazišta probavne uloge ovog enzima: salivarna amilaza razgradnjom ugljikohidrata pridonosi opskrbi organizma izvornom energije. Ipak, ukoliko stanja koja obilježuje trajno povišena aktivnost autonomnog živčanog sustava (sa ili bez vidljivih simptoma) rezultiraju i trajno povišenom aktivnošću salivarne amilaze, takva se okolnost može smatrati potencijalno nepovoljnom sa stajališta očuvanja oralnog zdravlja, napose zdravlja zubi (12).

Salivarna amilaza – u (kroničnim) sistemnim i oralnim bolestima

U stvari se za bilo koju bolest, kako sistemnu tako i oralnu, u kojoj je izmijenjen sastav slin može pretpostaviti da nastale sijalokemijske promjene mogu imati lokalni utjecaj na oralno zdravlje. Pritom u podlozi nastanka kemijskih promjena slin ne moraju biti (isključivo) promjene neurološke kontrole izlučivanja žlijezda slinovnica. Sijalokemijske značajke određene bolesti uglavnom je teško jednoznačno okarakterizirati budući da na njih, uz trajanje i težinu bolesti, mogu utjecati i drugi čimbenici poput dobi bolesnika i stupnja terapijske kontrole bolesti. Mnogi lijekovi i izravno utječu na funkciju žlijezda slinovnica. Stoga se sijalokemijske značajke u pravilu ne mogu koristiti kao samostalan dijagnostički pokazatelj određene bolesti, ali mogu dati doprinos postavljanju točne dijagnoze i/ili procjeni stupnja težine bolesti. Jednoznačan odgovor obično nije moguće dati ni na pitanje o lokalnom kliničkom značenju zamijećenih promjena sastava i osobina slin.

Šećerna bolest je, primjerice, čest kronični metabolički poremećaj uz koji se veže velik broj mogućih oralnih manifestacija bolesti poput povećane sklonosti karijesu, oboljenjima mekih tkiva usne šupljine (eritem, kandidijaza, glositis i dr.) i potpornih tkiva zubi (gingivitis, gingivni apsces, paradontitis) te veća vjerojatnost pojave subjektivnih smetnji (parestezije, osjećaj pečenja, poremećaji okusa i dr.) (33). U šećernoj je bolesti sastav slin izmijenjen, no mjerenja koncentracija različitih salivarnih sastojaka u

različitim istraživanjima nisu pružila podudarne rezultate. Tako i dio rezultata mjerenja koncentracije salivarne amilaze upućuje na više, dio na niže, a dio na nepromijenjene razine ovog enzima u slini oboljelih u usporedbi sa zdravim ispitanicima (33). Teško je reći imaju li promjene koncentracije amilaze u slini bolesnika pozitivno i/ili negativno djelovanje na razvoj i/ili tijek oralnih manifestacija dijabetesa. Jedan od važnih razloga tome je taj što je u stvarnim neeksperimentalnim okolnostima specifičan utjecaj pojedinog sastojka sline na patofiziološki tijek određene bolesti načelno teško izdvojiti od utjecaja ostalih salivarnih i nesalivarnih čimbenika (34). Uglavnom se stoga radi o pretpostavkama temeljenim na trenutačnim spoznajama o patofiziološkim ulogama pojedinih tvari u razvoju oralnih bolesti. Tako se primjerice može pretpostaviti da bi povišenje amilaze u slini dijabetičara moglo nepovoljno djelovati na očuvanje zdravlja zubi. Naime, protok sline kod dijabetičara obično je smanjen, a koncentracija glukoze u slini povišena pa se kod ovih bolesnika stvaraju lokalni uvjeti koji pogoduju umnožavanju acidogenih bakterija (33). U takvim bi okolnostima više koncentracije salivarne amilaze mogle pospješiti adheziju acidogenih bakterija uz zubne površine i time pogodovati nakupljanju plaka višeg karijesogenog potencijala.

Teško je zaključivati i o tome u kojoj su mjeri promjene koncentracije salivarne amilaze uzrokovane samom sistemnom bolešću, odnosno njezinim patofiziološkim mehanizmima, a u kojoj mjeri nastaju kao reakcija na oralne manifestacije bolesti. Naime, mehanizmi kojima nastaju promjene kemijskog sastava sline u sistemnim bolestima načelno su slabo upoznati. Primjerice, Henskens i sur. (35) su utvrdili značajno više koncentracije salivarne amilaze u ukupnoj i parotidnoj slini osoba s kroničnim parodontitisom u usporedbi sa zdravim ispitanicima. Sugeriraju kako se radi o odgovoru slinovnica na upalne promjene u usnoj šupljini koje se očituju pojačanom sintezom pojedinih salivarnih bjelančevina, no utjecaj tih bjelančevina, uključujući i amilazu, na tijek parodontitisa nije poznat. Suk-

ladno tome, razvoj parodontitisa kod dijabetičara mogao bi zasebnim mehanizmima doprinijeti promjenama koncentracije amilaze u slini bolesnika koje bi opet, povratno, mogle modificirati karakter i tijek lokalnih upalnih procesa u parodontu. Iz ovoga je primjera vidljivo kako je važno da istraživanja koja utvrđuju promjene kemijskog sastava sline kod kroničnih bolesti uzmu u obzir i ne/postojanje oralnih bolesti kao varijabli koje i neovisno o osnovnoj (općoj) bolesti mogu utjecati na kemijski sastav sline.

Kod šećerne je bolesti na koncu zanimljivo istaknuti i to da bi, osim lokalnog značenja, razina salivarne amilaze mogla imati i širi utjecaj na očuvanje zdravlja. Naime, Mandel i Breslin (36) su pokazali povezanost između više koncentracije salivarne amilaze i bolje postprandijalne kontrole koncentracije glukoze u krvi nakon ingestije škroba. Sudjelovanjem u regulaciji razine glukoze u krvi, salivarna bi amilaza mogla utjecati i na tijek bolesti obilježenih poremećajem njezine kontrole. Buduća istraživanja tek trebaju utvrditi ima li amilaza sline određeno značenje u kontroli glukoze u krvi kod dijabetičara.

Promjene osnovne koncentracije salivarne amilaze zabilježene su i u nekolicini drugih sistemnih ili lokalnih oboljenja poput leukemije (37) i oralnoga karcinoma (38). Promjene osobina i sastava sline mogu nastati i kao posljedica terapijskih postupaka, ponajprije primjene lijekova i terapijskog zračenja glave i vrata (39).

Salivarna amilaza – ukratko i zaključno

Salivarna amilaza je probavni enzim čije probavno djelovanje na složene ugljikohidrate hrane doprinosi nutritivnom statusu organizma, ali osigurava i niskomolekularne nutrijente za oralne bakterije što može utjecati na rizik od razvoja oralnih bolesti, ponajprije zubnog karijesa. Osim svojim enzimskim djelovanjem, salivarna amilaza u patogenezi karijesa može sudjelovati i određenim neenzimskim mehanizmima.

Budući da je interes za korištenjem sline kao analitičkog medija velik, kako u istraživanjima koja se bave fiziologijom čovjeka tako i u onima

koja se bave dijagnostikom i praćenjem uspjeha liječenja različitih bolesti, ispituje se mogućnost korištenja salivarne amilaze kao salivarnog biomarkera fizioloških prilagodbi organizma zahtjevnim psihičkim i fizičkim okolnostima te analiziraju promjene njezine enzimske aktivnosti u sistemnim i oralnim oboljenjima. Slina je lako dostupan tjelesni sekret pa se uzorak brzo i lako dobije potpuno neinvazivnim metodama što je posebno korisno kod višestrukog uzorkovanja u kraćim vremenskim intervalima ili u presječnim istraživanjima s velikim brojem ispitanika. Također, analiza uzorka sline umjesto uzorka krvi posebno je dobrodošla mogućnost u radu s djecom i starijim osobama. Ono što će, uz definiranje pouzdanih kemijskih biomarkera, uvelike doprinijeti iskorištavanju potencijala sline kao analitičkoga medija u budućnosti je i usavršavanje mjernih uređaja za pojedine kemijske sastavnice i osobine sline i omogućavanje trenutačnih analiza bez potrebe za prikupljanjem većega volumena sline, pohranom uzoraka i njihovom laboratorijskom analizom. Primjer takvih nastojanja je i mali prenosivi mjerni uređaj za mjerenje aktivnosti salivarne amilaze (Slika 1) razvijen u svrhu monitoriranja stupnja adrenergične aktivnosti u liječničkim ordinacijama ili na terenskim istraživanjima.



Slika 1. Uređaj za mjerenje aktivnosti salivarne amilaze. Preuzeto i prilagođeno iz (40).

LITERATURA

1. Scannapieco FA, Torres G, Levine MJ. Salivary alpha-amylase: role in dental plaque and caries formation. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1993;4:301-7.
2. Martin C, Christine E, Weaver LT. Starch Digestion in Infancy. *J Pediatr Gastr Nutr.* 1999;29:116-24.
3. Rosenblum JL, Irwin CL, Alpers DH. Starch and glucose oligosaccharides protect salivary-type amylase activity at acid pH. *Am J Physiol.* 1988;254(5 Pt 1):775-80.
4. Pedersen AM, Bardow A, Jensen SB, Nauntofte B. Saliva and gastrointestinal functions of taste, mastication, swallowing and digestion. *Oral Dis.* 2002;8:117-29.
5. Zoppi G, Andreotti F, Pajno-Ferrara F, Njai DM, Gaburro D. Exocrine pancreas function in premature and full term neonates. *Pediatr Res.* 1972;6:880-6.
6. Hodge C, Lebenthal E, Lee PC, Topper W. Amylase in the saliva and in the gastric aspirates of premature infants: Its potential role in glucose polymer hydrolysis. *Pediatr Res.* 1983;17:998-1001.
7. Froehlich DA, Pangborn RM, Whitaker JR. The effect of oral stimulation on human parotid salivary flow rate and alpha-amylase secretion. *Physiol Behav.* 1987;41:209-17.
8. Asp NG, van Amelsvoort JMM, Hautvast JGA. Nutritional implications of resistant starch. *Nutr Res Rev.* 1996;9:1-31.
9. Mese H, Matsuo R. Salivary secretion, taste and hyposalivation. *J Oral Rehabil.* 2007;34:711-23.
10. De Wijk RA, Prinz JF, Engelen L, Weenen H. The role of alpha-amylase in the perception of oral texture and flavour in custards. *Physiol Behav.* 2004;83:81-91.
11. Van Haeringen NJ, Ensink F, Glasius E. Amylase in human tear fluid: origin and characteristics, compared with salivary and urinary amylases. *Exp Eye Res.* 1975;21:395-403.
12. Nater UM, Rohleder N. Salivary alpha-amylase as a non-invasive biomarker for the sympathetic nervous system: current state of research. *Psychoneuroendocrinol.* 2009;34:486-96.
13. Kirschbaum C, Pirke KM, Hellhammer DH. The 'Trier Social Stress Test' - a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology.* 1993;28:76-81.
14. Schoofs D, Hartmann R, Wolf OT. Neuroendocrine stress responses to an oral academic examination: No strong influence of sex, repeated participation and personality traits. *Stress.* 2008;11:52-61.
15. Yamakage M, Hayase T, Satoh JI, Namiki A. Work stress in medical anaesthesiology trainees. *Eur J Anaesthesiol.* 2007;24:809-11.
16. Guglielminotti J, Dehoux M, Mentré F, Bedairia E, Montravers P, Desmonts JM, et al. Assessment of salivary amylase as a stress biomarker in pregnant patients. *Int J Obstet Anesth.* 2012;21:35-9.
17. Dušková M, Simůnková K, Hill M, Hrušková H, Hoskovicová P, Králíková E, et al. Higher levels of salivary alpha-amylase predict failure of cessation efforts in male smokers. *Physiol Res.* 2010;59:765-71.
18. *Physiol Res.* 2010;59:765-71.