

ELEKTROFYZIOLOGICKÉ VYŠETŘOVACÍ METODY V UROLOGII

MUDr. Jan Krhut

Urologické oddělení Fakultní nemocnice, Ostrava-Poruba

Jednou z hlavních komponent kontinence je intaktní svalový aparát dna pánevního a intaktní inervace dolních močových cest. Elektrofyzilogické vyšetřovací metody umožňují získat komplexní informace o funkčním stavu svalstva pánevního a tím nemalou měrou přispět ke zpřesnění urodynamické diagnostiky. Zatím nedošly žádoucího rozšíření ani mezi neurology-elektromyografisty ani mezi urology. Je to zčásti vysvětlitelné nutností dlouhodobé erudice vyšetřujících, velkými nároky na technické vybavení a v neposlední řadě i časovou náročností vyšetření. Po počátečním nadšení je v současné době strážlivě diskutováno postavení elektrofyzilogických vyšetřovacích metod v diagnostickém algoritmu poruch dolních cest močových. Následující text by měl naznačit současné možnosti elektrofyzilogické diagnostiky těchto metod v urologii s důrazem na klinické konsekvence a sloužit jako impuls pro snahu o hlubší poznání těchto vyšetřovacích metod.

Klíčová slova: elektrofyzilogické vyšetřovací metody, akční potenciál, elektromyografie, evokované potenciály.

ELECTROPHYSIOLOGICAL EXAMINATION METHODS IN UROLOGY

Intact pelvic floor muscles and intact lower urinary tract innervation belong among main components of continence. Electrophysiological examination methods can provide complex information on functional state of pelvic muscles and can help considerably in refinement of urodynamic diagnostics. So far, they are not satisfactorily spread neither among neurologists-electromyographers nor urologists. Long examiner's education, great technical equipment demands and primarily time-consuming examination can explain it partly. After an initial enthusiasm electrophysiological examination methods' situation is commonsensibly discussed in diagnostic algorithm for lower urinary tract. Present possibilities of electrophysiological diagnostic methods in should be suggested in following text with emphasis to clinical consequences and should serve as stimulation in efforts to get deeply into them.

Key words: electrophysiological examination methods, action potential, electromyography, evoked potentials.

Úvod

Jednou z hlavních komponent kontinence je intaktní svalový aparát dna pánevního a intaktní inervace dolních močových cest. Elektrofyzilogické vyšetřovací metody umožňují získat komplexní informace o funkčním stavu svalstva pánevního a dolních močových cest, a tím nemalou měrou přispět ke zpřesnění urodynamické diagnostiky. Řadíme mezi ně zejména elektromyografii a vyšetření evokovaných potenciálů.

Zatím nedošly žádoucího rozšíření ani mezi neurology-elektromyografisty ani mezi urology. Je to zčásti vysvětlitelné nutností dlouhodobé erudice vyšetřujících, velkými nároky na technické vybavení a v neposlední řadě i časovou náročností vyšetření.

Na druhé straně alespoň základní elektromyografické vyšetření lze provést i na relativně jednodušších elektromyografech inkorporovaných do urodynamických aparatur, které se pomalu stávají standardním vybavením všech urologických oddělení a ambulancí. Na většině velkých klinických pracovišť se navíc zkušenosti odborníci a adekvátní technické vybavení nachází na neurologických klinikách. Je samozřejmé, že se nikdo, kdo se elektromyografií chce věnovat, neobejde bez spolupráce se zkušeným elektromyografistou, jehož přítomnost při všech vyšetřeních je alespoň zpočátku nezbytná. Naopak spolupráce s urologem může být v mnoha ohledech přínosná i pro elektromyografistu.

Historie

Historie elektromyografie (EMG), jako nejstarší a nejrozšířenější elektrofyzilogické vyšetřovací metody, sahá do 19. stol. Na rozdíl od EMG končetinových svalů byla EMG sfinkterů dlouho okrajovou oblastí. Beckova práce z r. 1930, kde popisuje jako první EMG análního svěrače, zůstala na dlouhou dobu oje-

dinělá (5). Až v 50. letech se této oblasti věnovali Newman (22) a Basmajian (4), šlo však o práce víceméně experimentální v laboratorních podmínkách. Zřejmě největšího pokroku dosáhla sfinkterová elektromyografie v 60. letech minulého století. První využití elektromyografie análního sfinkteru v klinické medicíně popsal v r. 1968 Bailey se svou skupinou (3) ve studii na 184 inkontinentních dětech. Poprvé zde zařadili EMG do komplexního algoritmu neurourologického vyšetření a predikovali možnosti využití EMG v diagnostice neurogenních poruch mikce u dospělých. Pro další rozvoj EMG sfinkterů měly zásadní význam práce Chantraineovy, který se jako první zabýval srovnávacími EMG studiemi kosterního svalstva a sfinkterů (14). Scott poprvé popsal začlenění EMG análního sfinkteru do urodynamického vyšetření u pacientů s neurogenními poruchami mikce a inkontinencí (29). Základní práci v oblasti interpretace EMG nálezů během urodynamického vyšetření byla Mayova práce z r. 1978 (21). Další pokrok ve smyslu rozšíření klinického využití znamenal zavedení elektromyografického vyšetřování sakrálních reflexů (28), jehož se však dodnes využívá spíše k experimentálním účelům. V 80. letech pak znamenal další kvalitativní skok vyšetřování senzorických a motorických evokovaných potenciálů (2).

Fyzilogické poznámky

Elektrofyzilogické metody monitorují změny elektrické aktivity nervových a svalových buněk. Naším úkolem je údaje o této aktivitě získat, zpracovat a zejména je adekvátně interpretovat.

Pro pochopení principu elektromyografického vyšetření je nezbytná znalost alespoň základních poznatků z fyziologie nervového vedení a svalové kontrakce, které jsou zde, v hrubě zjednodušené podobě, nastíněny.

Základní funkční jednotkou každého svalu je tzv. motorická jednotka (30), sestávající se z jedné nervové buňky předního rohu míšního, jejího neuritu a všech svalových vláken, která jsou touto nervovou buňkou inervována. Platí pravidlo, že čím menší sval s jemnější motorikou, tím menší počet svalových vláken připadá na jednu motorickou jednotku.

Každé svalové vlákno se skládá z myofibrilů a ty se dále skládají ze sarkomerů, tvořících nejmenší kontraktibilní jednotku svalu. Sarkomery se skládají z vláken aktinu a myosinu, jež jsou uspořádány tak, že umožňují teleskopické zkrácení sarkomerů. Koordinované zkrácení většího počtu myofibrilů pak ve svém důsledku znamená kontrakci celého svalového vlákna.

Dalším důležitým prvkem je nervosvalová ploténka, která slouží jako převodník nervového vzruchu na svalovou kontrakci.

Princip nervového vedení i svalové kontrakce je vysvětlován teorií semipermeabilních membrán. Intracelulární prostor nervových i svalových buněk je bohatý na ionty kalia a tedy elektricky negativní, extracelulární tekutina je naopak elektricky pozitivní díky vysokému obsahu iontů natria a chloru. Buněčná membrána je za normálních okolností propustná pro draselné ionty, ale nepropustná pro ionty sodíkové. Klidový potenciál na buněčné membráně je asi 60–90 mV. Vlivem nejrůznějších činitelů však může dojít k velmi rychlému zvýšení propustnosti membrány pro Na-ionty a tím k jejich rychlému in-flow při současně změně polarity membrány. Po dosažení rovnovážného potenciálu Na-iontů vně a uvnitř buňky se nepropustnost buněčné membrány pro Na-ionty obnovuje a membrána zvyšuje svoji propustnost pro K-ionty, které membránu stabilizují. Na konci tohoto děje je tedy intracelulární prostor relativně bohatší na Na-ionty, ale tento posun je vyrovnáván aktivním přenosem těchto iontů do extracelulární tekutiny pomocí Na-pumpy. Tím dochází k repolarizaci membrány.

Nervový vzruch je tedy vlastně vlna depolarizace buněčných membrán nervového vlákna, postupující směrem k periférii.

Neuromuskulární přenos se děje na nervosvalové ploténce. Akční potenciál postupující nervovým vláknem vyvolává v presynaptickém zakončení axonu uvolnění acetylcholinu, který způsobuje velmi rychlé zvýšení permeability postsynaptické membrány pro Na-ionty, tím její depolarizaci a tudíž pokračování vedení elektrického potenciálu dále svalovým vláknem. To vyvolá uvolnění Ca-iontů s následnou aktivací enzymu aktinomyosin-ATPasy, který štěpí ATP. Při jejím rozštěpení pak dochází k reakci mezi vláknem aktinu a myosinu, vzniká aktinomyosin (kontraktilní svalový protein) a při této reakci dochází k zasunutí aktinových vláken mezi vlákna myosinu a tím ke kontrakci sarkomerů, resp. celého svalového vlákna.

Všechny výše uvedené pochody jsou spojeny se změnami elektrických poměrů intra- i extracelulárně, které můžeme monitorovat a tím tyto procesy kvantitativně i kvalitativně vyhodnocovat.

Technické vybavení

Většina moderních urodynamických přístrojů má zabudovaný elektromyograf, který postačí k základnímu vyšetření

v rámci urodynamického vyšetření, kdy se zaměřujeme zejména na timing svalové aktivity. Každý elektromyograf se skládá z několika základních částí, mezi které patří zesilovač, zobrazovací zařízení (optické a akustické) a registrační zařízení (dnes většinou ve formě magnetických nebo optomagnetických jednotek). Souhrn všech částí zajišťuje procesor.

K podrobnějšímu neurofyzilogickému vyšetření kondukčních testů a evokovaných potenciálů je zapotřebí speciální aparatury se zářím EMG-laboratoře.

Elektrody používané v elektrofyziologické diagnostice můžeme dělit jednak podle typu konstrukce, jednak podle účelu použití:

Registrační elektrody: registrují potenciály vznikající při aktivitě svalových vláken

Povrchové elektrody samolepící – jsou v rutinní praxi urologa zdaleka nejčastěji používaným typem elektrod. Jsou tvořeny kovovým diskem, který se fixuje ke kůži náplastí nebo je opatřen samolepící vrstvou. Vzhledem k tomu, že mají relativně velkou plochu, registrují zároveň potenciál z mnoha motorických jednotek. Jsou vhodné pro základní diagnostiku v rámci urodynamického vyšetření. Nelze s nimi naproti tomu kvantifikovat rozsah neurogenního poškození svalu a vyšetřovat jednotlivé akční potenciály.

Jehlové elektrody – jejich hlavní výhodou je možnost hodnotit jednotlivé akční potenciály motorických jednotek, nevýhodou invazivita, velmi omezená opakovatelnost vyšetření za stejných podmínek, náročná údržba a poměrně vysoká cena.

Jehlové elektrody koaxiální – jsou nejčastěji používanými jehlovými elektrodami. Jsou tvořeny velmi jemným platinovým vláknem, které je uloženo v plášti z nerezové oceli. Na konci je platinové vlákno obnaženo tak, že tvoří aktivní část elektrody. Díky velmi malému průměru platinového vlákna dochází k potlačení registrace vzdálených potenciálů a snímány jsou jen potenciály z bezprostřední blízkosti. Přístroj pak registruje rozdíly potenciálů mezi zakončením a pláštěm elektrody.

Jehlové elektrody bipolární – skládají se ze dvou platinových vláken, vzdálených od sebe asi 0,4 mm, zasazených do pláště z nerezavějící oceli, který slouží jako indiferentní elektroda. Potenciály se měří mezi oběma platinovými vlákny, tedy z podstatně menší plochy než u klasických koncentrických elektrod. Umožňují přesnější analýzu akčních potenciálů motorických jednotek.

Jehlové elektrody unipolární jsou tvořeny velmi tenkou jehlou (průměr 0,4 mm) z ušlechtilé oceli, která je s výjimkou svého zakončení potažena silikonovou izolační vrstvou. Přístroj snímá potenciálový rozdíl mezi hrotem elektrody a referenční elektrodou (jehlovou nebo povrchovou). Její výhodou je menší průměr a tudíž méně bolestivý vpich, je levnější. Nevýhodou je naopak vysoká vstupní impedance a tudíž méně citlivý záznam.

Stimulační elektrody: slouží k provádění kondukčních testů. Většinou jsou bipolární a je nutno je umístit tak, aby katoda byla vždy blíže registrační elektrodě. Užívají se stimuly o délce 0,1–1,0 ms, intenzity 10–40 mV. Obecně užíváme stimuly o 3–4násobné intenzitě oproti prahovým senzitivním stimulům. Další zvyšování intenzity již nevede ke zvýšení in-

tenzity odpovědi a navíc narůstá neúměrně bolestivost vyšetření. Zvláštní opatrnosti je při stimulačních vyšetřeních třeba dbát u pacientů s implantovaným kardiostimulátorem!

Zemní elektrody: používají se povrchové elektrody.

Metody elektrofyziologického vyšetření obecně

Nativní jehlová elektromyografie (EMG) je základním rutinním vyšetřením v elektromyografii. Jehlová elektroda snímá elektrické potenciály z extracelulárního prostoru svalových vláken. Vyšetřením v jednom místě svalu se získává informace s velmi omezenou platností. Standardní koncentrickou elektrodou je totiž registrován potenciál asi z 5 % vláken motorické jednotky. Je proto snahou vyšetřujícího vyšetřit co nejvíce míst ve svalu. Vzhledem k tomu, že vpich jehly je nejbolestivější fází celého vyšetření, upřednostňuje se vyšetření v 3–4 krocích, kdy se jehla postupně zavádí kolmo na předpokládaný průběh svalových vláken vždy cca o 0,5 cm hlouběji. Přesto je většinou nutno 2–3 samostatných vpichů, zejména při kvantitativních analýzách potenciálů motorických jednotek.

Při nativní jehlové EMG hodnotíme následující parametry:

Inzerční aktivita – vzniká mechanickým podrážděním při vpichu elektrody. Jejím typickým projevem je skupina velmi krátkých potenciálů. Diagnostický význam může mít například její absence při svalové nekróze.

Spontánní aktivita – je hodnocena při úplné relaxaci svalu. Daleko lépe než opticky se hodnotí akusticky. Za normálních okolností v relaxovaném kosterním svalu neregistrujeme žádnou aktivitu a každou spontánní aktivitu je nutno hodnotit jako patologickou. Základním úkolem vyšetřujícího je rozhodnout, zde se v daném okamžiku jedná o spontánní aktivitu, či nikoliv, aby nebyly za spontánní aktivitu považovány projevy aktivity volní a nedocházelo k získání falešně patologických výsledků.

Aktivita při mírné svalové kontrakci – je hodnocena při volní kontrakci svalu, která odpovídá cca 8 % maximální svalové kontrakce. Při tomto vyšetření můžeme nejlépe hodnotit akční potenciály motorických jednotek. Snahou je, aby kontrakce svalu byla natolik slabá, aby v záznamu nedocházelo k interferenci mezi jednotlivými akčními potenciály motorických jednotek a tyto se daly optimálně hodnotit. Snímané potenciály jsou typicky trifázické: první pozitivní fáze odpovídá přibližování elektropozitivního čela lokálních proudů k elektrodě, následuje negativní vlna odpovídající depolarizaci membrány, třetí vlna je tvořena repolarizací extracelulárního prostoru. Za určitých okolností lze pozorovat v záznamu i potenciály bifázické nebo kvadrifázické, které nelze hodnotit jako patologické. Hodnotí se 10–15 akčních potenciálů. Klasicky je popisováno hodnocení amplitudy potenciálu, trvání potenciálu, počet překřížení bazální linie atd. Za normální jsou považovány amplitudy 100–1 000 μ V, délka trvání 5–15 ms, procento polyfázických potenciálů (přetnou minimálně 4× bazální linii) do 15 %. V současné době má však toto čistě popisné hodnocení jen omezený význam. Většího významu nedosáhla ani kvantitativní počítačová analýza určitého vzorku akčních potenciálů. Častější je spíše kvalitativní popis vyšetřených akčních potenciálů (větší počet abnormálních atd.).

Aktivita při maximální volní kontrakci svalu – typicky se projevuje jako hustá interferenční křivka bez možnosti rozlišit bazální linii. Sleduje se hustota křivky, amplituda potenciálů, postupný nábor motorických jednotek a případné prořidnutí EMG záznamu.

Elektroneurografie je technika vyšetřující rychlost vedení nervového vzruchu nervovým vláknem. Lze vyšetřovat vedení vzruchu motorickými nebo senzorickými nervy. Vyšetření motorické vodivosti je metoda relativně stará (13), protože registruje silné akční potenciály. Princip této metody je poměrně jednoduchý. Příslušný nerv je drážděn elektrickým stimulem na dvou různých místech a současně je snímána aktivita svalu, který je tímto nervem inervován. Z časového rozdílu mezi elektrickým stimulem a odpovědí svalu (latence) a vzdáleností obou stimulačních bodů je pak možno vypočítat rychlost vedení vzruchu nervem. Ke stimulaci se užívá speciálních stimulačních elektrod, registraci zajišťují nejčastěji povrchové elektrody. Hodnotíme rychlost vedení nervem, amplitudu motorického akčního potenciálu (odráží počet aktivovaných svalových vláken a tím i počet dráždivých axonů) a délku trvání motorického akčního potenciálu (odráží míru synchronizace kontrakce jednotlivých myofibrilů).

Při vyšetřování vedení senzorickými nervy vznikají jen velmi slabé akční potenciály a proto byl rozvoj této metody dlouho limitován vyspělostí vyšetřovací techniky.

Princip vyšetření je podobný jako u vyšetření kondukce motorického nervu. V určitém místě senzitivní nerv stimuluje nadprahovými impulsy, na jiném místě pak snímáme akční potenciál postupující nervem. Z časového rozdílu pak opět vypočítáváme rychlost vedení vzruchu. Je možno postupovat ortodromní technikou (stimulujeme distálně, registrujeme proximálně, tedy ve fyziologickém směru vedení nervem), nebo technikou antidromní (stimulujeme proximálně, registrujeme distálně, tedy proti fyziologickému směru vedení nervem).

Metody měření vodivosti nervů jsou využívány například v diagnostice degenerativních a demyelinizačních onemocnění.

Repetitivní stimulace je metodou k vyšetření nervosvalového přenosu vzruchu. Za normálních okolností akční potenciál, který dospěje nervovým vláknem k presynaptické části nervosvalové ploténky vyvolává uvolnění acetylcholinu, který potom působí jako transmembránový mediátor a vyvolává depolarizaci postsynaptické membrány. Každý akční potenciál vyvolá na presynaptické membráně nadprahové podráždění a tedy přenos depolarizace z nervového na svalové vlákno a to i při velmi vysoké frekvenci presynaptických potenciálů. Za patologických okolností je kapacita nervosvalové ploténky pro přenos rychle za sebou jdoucích presynaptických akčních potenciálů snížena buď vlivem snížené citlivosti postsynaptických receptorů, nebo vlivem nedostatečné schopnosti presynaptických váčků opakovaně uvolňovat acetylcholin v dostatečném množství.

Princip vyšetření spočívá v dráždění nervu stimuly o vysoké frekvenci se současnou registrací odpovědi na vláknech svalu, který je tímto nervem inervován. Podle účelu vyšetření

volíme stimulační frekvenci 2–5 Hz (diagnostika postsynaptické poruchy vedení), nebo frekvenci 30–50 Hz (diagnostika presynaptické poruchy). Registrujeme elektrickou odpověď svalu, většinou povrchovou elektrodou, ale jsou i autoři, kteří registrují mechanickou odpověď svalu (31).

Metodu repetitivní stimulace lze využít zejména v diagnostice myastenien gravis, ale i při intoxikaci inhibitory acetylcholinesterázy apod.

Evokované kortikální potenciály

Vyšetření kortikálních evokovaných potenciálů bylo zavedeno do klinické praxe na přelomu 70. a 80. let 20. století. Princip vyšetření je podobný principu vyšetření vodivosti periferních nervů, vyšetření je však zaměřeno na diagnostiku poruch vedení drah centrálního nervového systému. V zásadě se používá vyšetření motorických evokovaných potenciálů, kdy se stimuluje transkraniálně mozková kůra magnetickým stimulatorem a současně se registruje odpověď na periférii a dále vyšetření senzibilních evokovaných potenciálů, kdy se stimulují senzitivní nervová vlákna na periférii a současně se registruje odpověď nad mozkovou kůrou.

Hodnotí se opět latence, rychlost vedení a amplituda evokovaných potenciálů.

Metody se využívá zejména v diagnostice míšních a intracerebrálních lézí a široké uplatnění našla metoda třeba i v peroperační diagnostice v neurochirurgii.

Vyšetření reflexů

Vyšetření skeletálních reflexů elektromyografickou technikou bylo zkoumáno zejména v souvislosti s diagnostikou centrálních poruch hybnosti. V této oblasti zůstaly spíše záležitosti experimentální, naopak bylo zveřejněno množství prací, které aplikovaly vyšetření arteficiálně vyvolaných sakrálních reflexů v diagnostice poruch mikce a defekace.

Metody elektrofyziologického vyšetření v urologii

Vyšetření análního sfinkteru jehlovými elektrodami

Jehlové elektrody zavádíme v poloze pacienta na levém boku s koleny přitáženými co nejvíce k břichu, nebo v litotomické poloze. Nejprve vyšetříme pacienta per rektum, přičemž jej vyzveme k volní kontrakci análního sfinkteru. Palpačně se tak můžeme velmi dobře zorientovat o poloze sfinkteru. Není-li pacient schopen volní kontrakce sfinkteru, lze k orientaci využít bulbokavernózního reflexu. Jehlové elektrody zavádíme oboustranně, pokud možno symetricky cca 0,5 cm od análního otvoru. Vpich vedeme kraniolaterálně do hloubky 3–8 cm podle tělesné konstituce vyšetřovaného. O poloze elektrody se můžeme přesvědčit palpačně a podle EMG záznamu jak vizuálně, tak zejména akusticky.

Prvním krokem je vyšetření při úplné relaxaci nemocného při vyprázdněném močovém měchýři. Přístroj kalibrujeme na 10 ms/díl a 100 μ V/díl. Není ještě zcela jednoznačně zodpovězena otázka bazální aktivity sfinkteru. Většina autorů udává, že i při maximální volní relaxaci je přítomna určitá bazální aktivita sfinkteru. Ta je způsobena mnohočetnými exteroceptivními stimuly z oblasti uretrální, vesikální a anální mukózy (17) a je jedním ze základních mechanismů

kontinence. Podstatné snížení této aktivity lze zaznamenat ve spánku a její úplné vymizení pozorujeme při normální fyziologické mikci. Z tohoto důvodu je jen velmi obtížné posuzovat přítomnost patologické spontánní aktivity sfinkteru.

Naopak někteří autoři popisují možnost dosažení úplného klidového záznamu sfinkteru, uznávají však, že se to daří relativně zřídka.

V dalším průběhu vyšetření hodnotíme jednotlivé akční potenciály motorických jednotek při minimální volní kontrakci sfinkteru, nebo ještě lépe při pomalém plnění močového měchýře. Za normální je považována amplituda akčního potenciálu 300–800 μ V, délka trvání potenciálu je od 3 do 8 ms. Za jisté patologické jsou považovány potenciály s amplitudou nad 1 mV a s délkou nad 10 ms, stejně jako jasně polyfázické potenciály. Jako polyfázické označujeme ty potenciály, které protnou základní linii více než 4× a svědčí pro čerstvou denervaci svalu. V normálním záznamu by neměly překračovat 10–12 % celkového počtu všech akčních potenciálů (15). K serióznímu hodnocení je však potřeba získat dostatečný počet motorických potenciálů, většinou 10 až 20, což je dosti časově náročné.

Následuje alespoň orientační kvantitativní vyšetření při maximální kontrakci. Kalibrace přístroje 100 ms/díl a 500 μ V/díl. Bailey (3) doporučuje pětistupňovou škálu hodnocení, kdy stupeň 4 označuje normální kontrakci (interferenční záznam vyplňuje při kalibraci 200 μ V/30 ms celou obrazovku), stupeň 3 označuje dobrou kontrakci (kdy jsou v interferenčním záznamu ojedinělé výpadky), stupeň 2 označuje četné výpadky potenciálů v záznamu, stupeň 1 označuje již jen ojedinělé potenciály v záznamu, stupeň 0 označuje úplnou absenci akčních potenciálů. Nálezy stupňů 2–0 svědčí pro neurogenní poškození sfinkteru. Nutno však říci, že sfinktery na rozdíl od skeletálních svalů nejsou schopny dlouhodobé maximální kontrakce. Maximální délka trvání kontrakce je většinou mezi 20 a 60 sekundami a poté nastává fyziologický pokles aktivity, který nemůže být hodnocen jako patologický. Někteří autoři vyšetření jehlovými elektrodami při maximální kontrakci odmitají pro jeho bolestivost a upřednostňují vyšetření této části pomocí povrchových elektrod (viz dále).

Dále sledujeme EMG při kašli, kdy dochází za normálních okolností k prudkému a rychlému zvýšení elektrické aktivity sfinkteru. Naopak ne zcela uniformní je EMG aktivita sfinkteru při Valsalvově manévru, kdy dochází většinou k jejímu mírnému zvýšení, nebo zůstává aktivita beze změny.

Během urodynamického vyšetření reaguje EMG aktivita sfinkteru na rostoucí náplň močového měchýře při plnění cystometrii jen velmi mírným zvyšováním nebo zůstává aktivita beze změny. Naopak v případě nestability, nebo hypersenzitivity detruzoru se EMG aktivita sfinkteru prudce zvyšuje a dosahuje vrcholu těsně před započatím mikce. V těchto případech se aktivita zvyšuje paralelně s růstem intravezikálního tlaku. Během mikce je EMG aktivita sfinkteru za fyziologických okolností nulová, jiný nálezy svědčí pro detruzorosfinkterickou dyssynergii.

Vyšetření uretrálního sfinkteru jehlovými elektrodami

Jehlové elektrody zavádíme u muže v poloze na levém boku nebo litotomické poloze, u ženy zásadně v litotomické po-

loze. U muže vyšetřujeme před inzercí elektrod transrektálně polohu a velikost prostaty. Elektrody vpichujeme z perinea asi 0,5 cm laterálně od střední linie v místě, kde předpokládáme projekci uretrálního bulbu. Vpich vedeme kraniálním směrem k apexu prostaty, současně vpich jehly kontrolujeme rektální palpací.

U ženy vyšetřujeme před inzercí vaginálně, s výhodou zavádíme Foleyův katétr, který nám usnadňuje orientaci v poloze hrdla močového měchýře a uretry. Na zevní ústí uretry a její okolí nanese lokální anestetikum ve formě gelu a necháme alespoň 5 min. působit. Vpich vedeme asi 0,5 cm laterálně od zevního ústí uretry paralelně s močovou trubici do hloubky cca 1–1,5 cm. O poloze elektrody se přesvědčíme vizuálně a akusticky z EMG záznamu, případně lze rovněž využít zobrazení pomocí introitální sonografie.

Vyšetření je poměrně bolestivé a proto k němu přistupujeme jen v těch případech, kdy EMG análního sfinkteru není dostatečně výtěžné a v těch případech, kdy funkční stav análního sfinkteru nemusí přesně korelovat se stavem sfinkteru uretrálního. Jedná se zejména o pacienty po transuretrálních operacích, po rozsáhlých operacích v malé pánvi, po poraněních pánve, s demyelinizačním onemocněním a periferní neuropatii (37). Metodika vyšetření je stejná jako u vyšetření análního sfinkteru. Z hlediska hodnocení je nutno uvést, že při stoupající náplni močového měchýře reaguje uretrální sfinkter na rozdíl od análního dosti strmým nárůstem aktivity. Při dosažení cystometrické kapacity může být rozdíl mezi aktivitou uretrálního a análního sfinkteru až čtyřnásobný (36). V ostatních parametrech koreluje aktivita análního a uretrálního sfinkteru velmi úzce.

Vyšetření análního sfinkteru povrchovými elektrodami

V současné době jsou nejčastěji používány miskové elektrody opatřené vrstvou vodivého gelu a samolepicím okrajem. Hlavní výhodou těchto elektrod je minimální invazivita a víceméně standardní lokalizace. Díky tomu je možno vyšetření libovolně opakovat za takřka shodných podmínek a velmi dobře navzájem srovnat.

Je nutno zejména dbát na správnou lokalizaci elektrod, t.j. na jejich umístění co možná nejbližší análnímu otvoru na mukokutánní hranici, kde je anální sfinkter uložen nejpoверхověji. Neméně důležité je i dokonalé odmaštění povrchu kůže éterem nebo etylalkoholem. Cílem je maximálně snížit odpor kůže, a to pod 5 kΩ. Moderní EMG přístroje mají v sobě zabudováno zařízení, jímž je možno kožní odpor poměrně spolehlivě změřit. Je-li kožní odpor opakovaně vysoký i přes pečlivé odmaštění, doporučuje se šetrná skarifikace kůže velmi jemným smrkovým papírem. Obzvláště velkou pozornost je třeba věnovat odmaštění kůže, pokud chceme současně s registrací EMG snimat abdominální tlak pomocí rektálního katétru. Nejprve vždy zavádíme rektální katétr, poté pečlivě odmašťujeme a teprve poté nalepujeme EMG elektrody.

Zemníci elektrodu se snažíme umístit blízko elektrod aktivních, abychom zvýšili záchyt potenciálů s nižší amplitudou.

U dětí se elektrody nejlépe nalepují ve stoji a hlubokém předklonu, u dospělých v litotomické poloze.

Pokud se nejedná o vyšetření synchronního záznamu UFM a EMG, vyšetřujeme EMG sfinkteru vždy nejprve po vyprázdnění močového měchýře. Kalibrace přístroje je většinou 20 msec/díl a 20 μV/díl.

Při vyšetření povrchovými elektrodami nejsme schopni hodnotit spontánní aktivitu a jednotlivé akční potenciály. Naopak můžeme vcelku dobře provést semikvantitativní vyšetření aktivity sfinkteru při maximální kontrakci a rovněž můžeme velmi dobře provést hodnocení aktivity sfinkteru během urodynamického vyšetření podle výše uvedené metodiky. V tomto ohledu považuje řada autorů vyšetření povrchovými elektrodami za rovnocenné vyšetření jehlovému (38).

Vyšetření sakrálních reflexů povrchovými elektrodami

Princip těchto vyšetření je relativně jednoduchý – stimulují se větve n. pudendus a současně registrujeme aktivitu různých svalů pánevního dna – nejčastěji m. bulbocavernosus, nebo análního sfinkteru. Posuzujeme zpoždění, tedy latenci reflexní odpovědi. Jako první se touto problematikou zabýval Rushworth (28), který navrhl techniku stimulace n. dorsalis penis u muže a registraci odpovědi v bulbokavernózním svalu jehlovou elektrodou.

V současné době se častěji využívá registrace povrchovými elektrodami nad bulbokavernózním svalem, nebo análním sfinkterem. Ke stimulaci používáme u muže speciálních elektrod, které lze upevnit páskem na kořen penisu co nejbližší předpokládanému průběhu n. dorsalis penis, u žen upřednostňujeme klipové elektrody, které upínáme na malá labia. Stimulujeme impulsy délky 0,2 ms, intenzitou, která odpovídá 3–4násobku prahové senzitivní intenzity, většinou mezi 10–40 mA. Stimulace opakujeme 10×, poté je průměrujeme, pokud pacient opakované stimulace netoleruje, vycházíme z nejkratší naměřené latence (10). Za normální považujeme latence mezi 23–40 ms, latence nad 42 ms jsou považovány za jistě patologické. Při použití jehlových elektrod se latence lehce prodlužuje.

Prodloužení latence koreluje s poškozením distálního reflexního oblouku.

Kortikální evokované potenciály

Smyslem vyšetření je diagnostikovat poškození dráh CNS.

V případě vyšetření somatosenzorických evokovaných potenciálů (SSEP) používáme stejné stimulační elektrody ve stejné lokalizaci jako při vyšetření sakrálních reflexů, odpovědi však registrujeme nad kortexem, povrchovou elektrodou, kterou upevňujeme ve střední linii 2 cm za centrálním vertexem (Cz). Referenční elektrodu lokalizujeme do oblasti frontálního polárního vertexu (Fpz). Stimulujeme ve dvou sériích po 1 000 stimulech o frekvenci 5 Hz. Hodnotíme jednak přítomnost signifikantních evokovaných odpovědí a latenci jejich jednotlivých složek P1 (do 46 ms), N1 (do 58 ms) a P2 (do 74 ms) (12, 24, 34). Zajímavou možností vyšetření funkčnosti aferenci pudendálního nervu při hypo- a akontraktilitě detruzoru představuje vyšetření evokovaných potenciálů z oblasti vezikouretrální junkce (18).

Při vyšetření motorických kortikálních evokovaných potenciálů stimulujeme transkraniálně magnetickým stimula-

torem motorickou koru a odpovědi registrujeme povrchovými elektrodami nad análním sfinkterem, nebo bulbokavernózním svaem. Za fyziologickou je považována latence do 34 ms.

Spinální evokované potenciály

Slouží k dalšímu zpřesnění lokalizace výše poškození drah CNS. Při vyšetření somatosenzibilních potenciálů postupujeme stejně jako v případě potenciálů kortikálních, jen registrační elektrodu umísťujeme nad tělo obratle L1 a referenční elektrodu nad tělo L5. Motorické evokované potenciály se využívají omezeně.

Klinické využití elektrofyziologických vyšetřovacích metod v urologii

Léze horního motoneuronu

EMG nález na sfinkterech při postižení horního motoneuronu se v mnohém liší od ostatního kosterního svalstva. Mnohé fenomény, které u tohoto typu léze pravidelně prokazujeme na skeletálních svaech, nelze při vyšetření sfinkterů pozorovat (patologické reflexy, efekt přetrvávající aktivity atd). Typickým EMG projevem léze horního motoneuronu je ztráta detruzorosfinkterické synergie s celou řadou klinických konsekvencí. Právě s ohledem na přesné zhodnocení typu dysynergie (typ I-III) patří EMG sfinkterů v těchto případech mezi základní vyšetřovací metody (6).

Ve speciálních případech lze vyšetření horního motoneuronu precizovat vyšetřením somatosenzitivních a motorických evokovaných potenciálů. Naopak konduktivní vyšetření sakrálních reflexů nedoznalo výraznějšího rozšíření.

Zajímavé využití EMG navrhuje ve své práci Lapidés (20). Po podání betanecholu se na EMG sfinkteru objevuje jako obraz denervační hypersenzitivity spontánní fibrilace, což lze použít jako provokační test k průkazu léze horního motoneuronu.

Léze dolního motoneuronu

Podobně jako u léze horního neuronu některé typické projevy známé z EMG skeletálního svalstva při periferní denervaci nejsou prokazatelné (polyfázické potenciály, zvýšení amplitudy akčních potenciálů, snížení konduktivní rychlosti).

Naopak typickým EMG korelátem léze dolního motoneuronu jsou výpadky v interferenčním záznamu při maximální volní kontrakci sfinkteru až k obrazu nulové elektrické aktivity a denervační potenciály typu fascikulace a fibrilace.

Významnou úlohu hraje EMG ve verifikaci výbavnosti sakrálních reflexů. Například Ingberg uvádí ve svém souboru dětí vyšetřovaných pro meningomyelokélu, že z těch, u nichž byl klinicky výbavný anorektální reflex, byla elektromyografická aktivita análního sfinkteru prokázána jen ve 40 %, u ostatních byla pozitivita tohoto reflexu falešně imitována stahem gluteálního svalstva (16).

Roztroušená skleróza

Sfinkterové potíže jsou jedním z nejčastějších symptomů u tohoto demyelinizačního onemocnění. Abnormální EMG udává Pramstaller až u 90 % pacientů (26). Projevy chronické denervace a reinervace (patologická spontánní aktivita

sfinkteru, polyfázické potenciály, prodloužené latence při konduktivním vyšetření) mohou při absenci syndromu kaudy a anamnézy poškození periferní inervace (operace v malé pánvi, diabetes) přispět k primární diagnostice RES.

Parkinsonova choroba

Sfinkterové poruchy nejsou u pacientů s Parkinsonovou chorobou tak časté, jako u pacientů s RES a ani jejich intenzita není tak velká (9). Rodi doporučuje využít EMG análního sfinkteru v diferenciální diagnostice parkinsonizmu a RES (27). Další uplatnění našlo EMG v diferenciální diagnostice obstrukčních mikčních příznaků u parkinsoniků, kde je třeba rozlišit podíl základní choroby a event. podíl organické obstrukce (BPH, striktura uretry).

Stresová inkontinence

Normální funkce svalů pánevního dna je jedním z důležitých mechanismů zajišťujících kontinenci. Jednou z teorií vzniku stresové inkontinence je teorie neurogenní, formulovaná ve druhé polovině 80. let 20. století Swashem (33). Podle ní je inkontinence moči důsledkem periferní denervace svalů pánevního dna, které tak ztrácí svoji fyziologickou funkci. Tato hypotéza se opírá jednak o empirická pozorování močové inkontinence vzniklé po operačních výkonech v pánvi a obtížných vaginálních porodech, jednak je podepřena celou řadou prací sledujících elektromyografické parametry svalů pánevního dna inkontinentních žen. Abnormality byly zjištěny v nativní jehlové EMG sfinkterů (35), kvantitativní EMG analýze sfinkterů (1) i konduktivních studiích (32). V rutinní klinické praxi ani jedna z těchto vyšetřovacích metod nedoznala širšího uplatnění.

Hyperaktivní měchýř

EMG může velmi významně zvýšit senzitivitu urodynamického vyšetření při diagnostice hyperaktivního měchýře. Při synchronním EMG záznamu při plnění cystometrie pozorujeme inadekvátní zvyšování aktivity sfinkterů při rostoucí náplni, a to i v případě nízkých intravezikálních tlaků (17).

Non-neurogenní dysfunkce dolních cest močových

V těchto případech je cenný zejména synchronní záznam UFM a EMG, kde lze sledovat timing relaxe sfinkterů při mikci a získat tím cenné informace o průběhu mikce. Využíváno zejména v diagnostice dysfunkcí dolních cest močových u dětí.

EMG bio-feedback

EMG bio-feedback představuje jednu z účinných metod konzervativní léčby dysfunkcí močových cest. K jeho provádění se užívá výhradně neinvazivních povrchových registračních elektrod.

Uplatnil se nejprve v léčbě stresové inkontinence žen. Bump (7) uvádí, že až 30 % žen není schopno ani po slovní nebo písemné instrukci správné volní kontrakce sfinkterů. Většinou zapojují ve snaze dosáhnout co největší síly kontrakce nesprávně gluteální a další pomocné svaly. Proto jsou informace o elektromyografické aktivitě sfinkterů nesmírně důležité

pro nácvik správného postupu při samotném cvičení. Praktický postup při bio-feedbacku spočívá v opakovaných maximálních kontrakcích sfinkteru střídaných s intervaly relaxace pánevního dna a intervaly maximálního „tlačení na močení“ v celkové délce asi 20 minut. Někdy je doporučováno cvičení při hudbě s opakováním rychlých stahů sfinkterů „do rytmu“ (19). Celková doba bio-feedbacku je minimálně 8 týdnů.

Další indikační skupinou jsou dětští pacienti s dysfunkcemi močových cest a enurézou. I u nich je postupováno podle výše uvedené metodiky, která je doplněna o opakované synchronní záznamy UFM a EMG análního sfinkteru. Vzhledem k tomu, že u velké části těchto pacientů je fixován nesprávný mikční stereotyp, je cílem bio-feedbacku zejména nácvik dokonalé relaxace svalů pánevního dna během mikce. Vzhledem k nutnosti spolupráce pacienta indikujeme k této formě léčby děti starší 5 let. Délka jednoho sezení je podle stáří dítěte 20–40 minut, zpočátku forzírujeme 2–3 sezení týdně, po měsíci pak přecházíme na 1 sezení měsíčně, celková délka trvání léčby je 6 měsíců (11, 25). Velmi dobré výsledky jsou

dosahovány u pacientů s non-neurogenními dysfunkcemi močových cest, naopak výsledky u pacientů s neurogenními dysfunkcemi jsou velmi nepřesvědčivé (8).

Závěr

Elektrofyzilogické vyšetřovací metody umožňují urologovi získat důležité informace o funkčním stavu dolních močových cest. Po období nekritické snahy učinit z elektromyografie rutinní součást každého urodynamického vyšetření, docházíme nyní k závěru, že tyto vyšetřovací metody nacházejí své místo zejména v diagnostice neurogenních dysfunkcí dolních močových cest. K tomu, aby bylo možno využít možností, které skýtá celá paleta elektrofyzilogických vyšetření, musí urolog znát alespoň bazální principy těchto metod. Musí vědět, jaké informace od nich může očekávat a nakolik mohou tyto ovlivnit jeho další diagnostický a léčebný postup. Samozřejmostí je co možná nejúžší spolupráce se zkušeným neurologem – elektromyografistou.

Literatura

1. Aaenstad O, Flink R. Urinary stress incontinence. Urodynamic and quantitative electromyographic study of the perineal muscles. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1999; 78: 245.
2. Badr GA, Fall M, Carlsson CA, Lindstroem L, Friberg S, Ohlsson B. Cortical evoked potentials following the stimulation of the urinary bladder in man. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1982; 54: 494.
3. Bailey J, Powers J, Walonis G. A clinical evaluation of electromyography of the anal sphincter. *Arch Phys Med* 1970; 7: 402.
4. Basmajian JV, Spring WB. Electromyography of Male (Voluntary) Sphincter Urethrae. 1955; 121: 388.
5. Beck A. Elektromyographische Untersuchungen am Sphincter ani. (Ein Beitrag zur Tonusfrage). *Pflügers Arch* 1930; 224: 278.
6. Blavaiss JG, Sinha HP, Zayed AA, Labib KB. Detrusor-external sphincter dyssynergia: a detailed electromyographic study. *J Urol* 1981; 125: 545.
7. Bump RC, Glenn HW, Fantl J, Wyman JF. Assessment of Kegel pelvic muscle exercise performance after brief verbal instruction. *Am J Obstet Gynaecol* 1991; 165: 322.
8. Doležal J, Ženíšek J. Výsledky léčby mikčních dysfunkcí pomocí EMG bio-feedbacku svalstva dna pánevního. XII. kongres ČUS a SUS, Praha 1998.
9. Eardley I, Quinn NP, Fowler CJ. The value of urethral sphincter electromyography in the differential diagnosis of parkinsonism. *Br J Urol* 1989; 64: 360.
10. Fowler CJ. Pelvic Floor Neurophysiology. Dantec, Skovlunde, 1991.
11. Hainz-Etele A, Schmidbauer CP, Marberger M. Uro-biofeedback bei dysfunktioneller Blasenentleerung im Kindesalter. XX. Tagung der Bayerischen Urologenvereinigung und der Österreichischen Gesellschaft für Urologie, Erlangen 1994.
12. Haldeman S, Bradley WE, Bathia NN. Evoked responses from the pudendal nerve. *J Urol* 1982; 128: 974.
13. Hodes M, Larrabe MG, German W. The human electromyogram in response to nerve stimulation and the conduction velocity of motor axons: studies on normal and injured peripheral nerves. *Arch Neurol Psychiatr* 1948; 60: 340.
14. Chantaine A. Electromyographie des sphincters striés urethral et anal humains. *Rev Neurol* 1966; 115: 396.
15. Chantaine A. EMG examination of the anal and urethral sphincters. In: Desmedt JE: New developments in electromyography and clinical neurophysiology. Karger, Basel, 1973.
16. Ingberg HO, Johnson EW. Electromyographic Evaluations of infants with meningomyelocele. *Arch Phys Med* 1963; 44: 86.
17. Kiesswetter H: EMG-patterns of pelvic floor muscles with surface electrodes. *Urol Int* 1976; 31: 60.
18. Kiss G, Madersbacher H, Poewe W. Cortical evoked potentials of the vesicourethral junction – a predictor for the outcome of intravesical electrostimulation in patients with sensory and motor detrusor dysfunction. *World J Urol* 1998; 16: 308.
19. Knight SJ, Laycock J. The role of biofeedback in pelvic floor re-education. *Physiotherapy* 1994; 80: 145.
20. Kock N, Pompeius R. Inhibition of vesical motor activity induced by anal stimulation. *Acta Chir Scand* 1963; 126: 244.
21. Lapides J. Denervation supersensitivity as a test for neurogenic bladder. *Surgery Gynec Obstet* 1962; 114: 241.
22. Mayo ME. The value of sphincter electromyography in urodynamics. *J Urol* 1979; 122: 357.
23. Newman HF. Tonus of voluntary anal and Urethral Sphincters. *Arch Neurol* 1949; 61: 445.
24. O'Donnel P, Beck C, Doyle R, Eubanks C. Surfaces electrodes in perineal electromyography. *Urology* 1988; 32: 375.
25. Opsomer RJ, Guerit JM, Wese FX Van Cangh PJ. Pudendal cortical somatosensory evoked potentials. *J Urol* 1986; 135: 1216.
26. Pfister C, Dacher JN, Gaucher S, Liard-Zmuda A, Grise P, Mitrofanoff P. The usefulness of a minimal urodynamic evaluation and pelvic floor biofeedback in children with chronic voiding dysfunction. *BJU* 1999; 84: 1054.
27. Pramstaller PP, Wenning GK, Smith SJM, Beck RO, Quinn NP, Fowler CJ. Nerve conduction studies, skeletal muscle EMG and sphincter EMG in multiple system atrophy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995; 58: 618.
28. Rodi Z, Denislic M, Vodusek D. External anal sphincter electromyography in the differential diagnosis of parkinsonism. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1996; 60: 460.
29. Rushworth G. Diagnostic value of electromyographic study of reflex activity in man. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1967; (Supl 25): 65.
30. Scott FB, Quesada EM, Cardus D. The use of combined uroflowmetry, cystometry and electromyography in evaluation of neurogenic bladder dysfunction. In Boyarsky S: The Neurogenic Bladder. The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1967.
31. Sherrington CS: Some functional problems attaching to convergence. *Proc roy Soc B* 1929; 105: 332.
32. Slomić A, Rosenfalck A, Buchthal F. Electrical and mechanical responses of normal and myasthenic muscle. *Brain Res* 1968; 10: 1.
33. Snooks SJ, Swash M. Abnormalities of the innervation of the urethral striated sphincter musculature in incontinence. *Br J Urol* 1984; 56: 401.
34. Swash M. The neurogenic hypothesis of stress incontinence. In: Neurobiology of incontinence. Ciba Foundation Symposium. Chichester, Wiley, 1990.
35. Tackmann W, Porst H, van Ahlen H. Bulbocavernosus reflex latencies and somatosensory evoked potentials after pudendal nerve stimulation in the diagnosis of impotence. *J Neurol* 1988; 235: 219.
36. Vereecken RL, De Meersman G, Puers B. Sphincter electromyography in female incontinence. In: Schulman CC. Advances in Urology. Springer Verlag, Berlin, 1981.
37. Vereecken RL, Derluyn J, Verduyn H. Electromyography of the perineal striated muscles during cystometry. *Urol Int* 1975; 30: 92.
38. Vereecken RL, Verduyn H. The electrical activity of the periurethral and perineal muscles in normal and pathological conditions. *Br J Urol* 1970; 42: 457.
39. Ziemann, Reimers Jost WH, Derouet H, Kaiser T. EMG des M. sphincter vesicae externus – Technik, Indikation und Ergebnisse. *Urologe A* 1997; 36: 356.