

Přístrojová diagnostika v české spánkové medicíně

Tomáš Krejčí¹, Samuel Genzor², Jaromír Vachutka¹

¹Ústav lékařské biofyziky, Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

²Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci
a Fakultní nemocnice Olomouc

Tento článek se věnuje historickému vývoji a současnému stavu spánkové medicíny v České republice z pohledu přístrojové diagnostiky. Uvádí stručný přehled metod využívaných u všech šesti hlavních okruhů spánkových poruch a podrobně se zaměřuje na poruchy dýchání ve spánku, především obstrukční spánkovou apnoe (OSA). Rozebráno je historické čtyřúrovňové členění diagnostických metod: od laboratorní polysomnografie (PSG), která představuje referenční metodu, přes domácí testování spánkové apnoe (HSAT) až po jednoduchý screening. Článek dále nabízí detailní technický přehled diagnostických systémů využívaných v Česku, například systémů Alice, Porti/Scala, Nox a Bittium, a analyzuje specifika jednotlivých senzorů pro měření průtoku vzduchu, dechového úsilí a saturace krve kyslíkem. Popsán je narůstající význam domácí diagnostiky a kritéria pro výběr vhodného zařízení s ohledem na klinický cíl, validitu měření a nákladovou efektivnost.

Klíčová slova: diagnostické přístroje, obstrukční spánková apnoe, polygrafie, polysomnografie, spánková laboratoř, spánková medicína, standardy AASM.

Device-based diagnostics in Czech sleep medicine

This article reviews the historical development and current state of sleep medicine in the Czech Republic from the perspective of device-based diagnostics. It briefly introduces methods used across all six major groups of sleep disorders and focuses in detail on sleep-related breathing disorders, particularly obstructive sleep apnea (OSA). The historical four-level classification of diagnostic methods is discussed, ranging from laboratory polysomnography (PSG), which remains the reference method, through home sleep apnea testing (HSAT) to simple screening. The article also provides a detailed technical overview of diagnostic systems used in the Czech Republic, including Alice, Porti/Scala, Nox and Bittium systems, and discusses the characteristics of sensors used for airflow, respiratory effort and oxygen saturation measurements. The increasing role of home diagnostics and criteria for selecting an appropriate device with regard to the clinical objective, measurement validity and cost-effectiveness are described.

Key words: diagnostic devices, obstructive sleep apnea, polygraphy, polysomnography, sleep laboratory, sleep medicine, AASM standards.

Úvod

Spánková medicína má v českých zemích dlouholetou tradici. Medicínu poruch spánku významně ovlivnil neurolog doc. MUDr. Bedřich Roth, DrSc. (1919–1989), který v roce 1951 založil první spánkovou laboratoř na Neurologické klinice 1. LF UK a je v našem regionu považován za zakladatele spánkové medicíny (1). V 80. a 90. letech se spánková medicína dále formovala převážně na neurologických a psychiatrických pracovištích s použitím tehdy dostupných diagnostických zařízení. Na konci 20. století

vznikala první specializovaná spánková centra s důrazem na diagnostiku syndromu spánkové apnoe a zaváděla se léčba terapeutickými přístroji. Největší rozvoj nastal po roce 2001, kdy byla založena Česká společnost pro výzkum spánku a spánkovou medicínu (ČSVSSM) (2).

Hlavní činnosti ČSVSSM

- Sdružuje odborníky (lékaře, vědce, techniky)
- Stanovuje doporučené postupy léčby

Ing. Tomáš Krejčí

Ústav lékařské biofyziky, Lékařská fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
tomas.krejci@linde.com

Cit. zkr: Vnitř Lék. 2026;72(5):284-299

Článek přijat redakcí: 21. 5. 2026

Článek přijat po recenzích: 22. 7. 2026

- Podílí se na vzdělávání lékařů
- Organizuje konference a kongresy
- Spolupracuje se zahraničím (např. s European Sleep Research Society)

Další role ČSVSSM

- Akreditace spánkových center
- Osvěta veřejnosti (např. význam kvalitního spánku)
- Podpora výzkumu (např. vliv spánku na kardiovaskulární zdraví)

Dnes je spánková medicína multidisciplinárním oborem založeným na pokračující spolupráci klinických i teoretických oborů. Je důležitou oblastí preventivní medicíny a součástí pregraduální i postgraduální výuky. Od roku 2021 se pracoviště rozdělují do tří kategorií podle odborných doporučení a organizačních pravidel ČSVSSM, která navazují na mezinárodní standardy. Základními kritérii rozdělení jsou rozsah poskytované péče, technické vybavení a odbornost personálu (3):

- Centra I. typu: nejvyšší úroveň péče, řešení celého spektra poruch spánku a vědecká činnost.
- Centra II. typu: referenční centra řešící celé spektrum poruch spánku.
- Centra III. typu: pracoviště poskytující péči v omezeném rozsahu jako součást specializovaného zařízení.

Toto rozdělení vychází z potřeby zajistit dostupnou, ale zároveň kvalitní a specializovanou péči. Jednodušší případy řeší základní pracoviště, složitější jsou směřovány do vysoce specializovaných center.

Hlavní okruhy spánkových poruch

Spánkové poruchy představují heterogenní skupinu onemocnění, která negativně ovlivňují kvalitu, délku nebo načasování spánku a mohou vést k významným zdravotním, psychickým i socioekonomickým důsledkům. Současná mezinárodně uznávaná klasifikace International Classification of Sleep Disorders – Third Edition, Text Revision (ICSD-3-TR) rozděluje spánkové poruchy do šesti základních diagnostických okruhů, které představují základ diagnostiky, výzkumu i terapeutických postupů v moderní spánkové medicíně (4).

Nespavost (insomnia disorders)

Je charakterizována přetrvávajícími obtížemi se zahájením spánku, jeho udržením nebo předčasným ranním probuzením, navzdory dostatečným podmínkám ke spánku. Diagnostickým kritériem je současný výskyt denních obtíží, jako jsou únava, porucha koncentrace, snížená pracovní výkonnost nebo zhoršená kvalita života. Nespavost může mít krátkodobý nebo chronický charakter a představuje častou skupinu spánkových poruch (4, 5). Chronickou nespavostí trpí přibližně 6–10 % dospělé populace, ale symptomy nespavosti se vyskytují až u třetiny dospělých osob (6).

Centrální poruchy hypersomnolence (central disorders of hypersomnolence)

Jsou definovány nadměrnou denní spavostí, která není vysvětlitelná nedostatečnou délkou spánku ani jinou primární poruchou spánku. Mezi nejvýznamnější poruchy patří narkolepsie typu 1 a 2, idiopatická hypersomnie a další vzácnější hypersomnické syndromy. Typickým

klinickým projevem je snížená schopnost udržet bdělost během dne a opakované epizody neodolatelné potřeby spánku (4). Přestože jsou centrální poruchy hypersomnolence relativně vzácné, mají výrazný dopad na pracovní výkonnost, bezpečnost i kvalitu života postižených pacientů (7).

Poruchy cirkadiánního rytmu spánku a bdění (circadian rhythm sleep-wake disorders)

Vznikají v důsledku nesouladu mezi endogenním cirkadiánním systémem a požadavky vnějšího prostředí nebo sociálními povinnostmi. Klinicky se projevují poruchou načasování spánku, která vede k nespavosti, nadměrné denní spavosti nebo kombinaci obou příznaků. Nejčastěji se jedná o poruchu s opožděnou fází spánku a bdění, poruchu s předsunutou fází spánku a bdění, poruchu spánku při směnném provozu a syndrom časového posunu (jet lag) (4, 5). Význam těchto poruch narůstá zejména v souvislosti se směnným provozem, cestováním přes časová pásma a zvýšenou expozicí umělému osvětlení ve večerních hodinách (8).

Jednou z metod používaných při vyšetřování poruch cirkadiánního rytmu spánku je aktigrafie, neinvazivní metoda dlouhodobého sledování spánku a cirkadiánního rytmu pomocí akcelerometru, který pacient obvykle nosí na zápěstí po dobu několika dnů až týdnů. Na základě zaznamenané pohybové aktivity lze odhadnout dobu usnutí a probuzení, celkovou dobu spánku i pravidelnost spánkového režimu. Výsledek je vhodné interpretovat společně se spánkovým deníkem.

Parasomnie (parasomnias)

Parasomnie představují skupinu nežádoucích behaviorálních, motorických nebo autonomních projevů vznikajících během spánku nebo při přechodu mezi spánkem a bděním. Rozdělují se na parasomnie vázané na NREM spánek, mezi které patří například somnambulismus, noční děsy nebo zmatená probuzení, a parasomnie vázané na REM spánek, jejichž nejvýznamnějším představitelem je porucha chování v REM spánku (REM sleep behavior disorder) (4). Zatímco NREM parasomnie se častěji vyskytují v dětském věku, REM parasomnie jsou typické především pro starší dospělé a mohou být časným projevem neurodegenerativních onemocnění (9). Při atypickém průběhu, riziku poranění nebo potřebě odlišit parasomnii od nočních epileptických či jiných motorických událostí může být indikována videopolysomnografie.

Poruchy pohybu související se spánkem (sleep-related movement disorders)

Zahrnují převážně stereotypní pohybové projevy narušující kontinuitu nebo kvalitu spánku. Mezi nejvýznamnější patří syndrom neklidných nohou (Restless Legs Syndrome, RLS), periodické pohyby končetin ve spánku (Periodic Limb Movements of Sleep, PLMS), spánkový bruxismus a noční svalové křeče. Přestože jsou tyto poruchy často považovány za méně závažné, mohou významně přispívat k fragmentaci spánku, denní únavě a snížení kvality života (4, 10). Syndrom neklidných nohou postihuje přibližně 5–10 % dospělé populace evropských zemí a jeho prevalence stoupá s věkem (11).

Poruchy dýchání související se spánkem (sleep-related breathing disorders)

Poruchy dýchání ve spánku patří mezi nejčastější poruchy spánku a bdění, představují hlavní téma tohoto článku a mají významný dopad na kvalitu života i celkové zdraví člověka (12).

Jedná se o skupinu onemocnění, při kterých dochází během spánku k opakovanému omezení nebo přerušení dýchání, což vede k narušení spánku a snížení oxykličení krve (13).

Vyšetření ve spánkové laboratoři začíná odběrem anamnézy, často doplněným vyplněním standardizovaného dotazníku, například Epworthské škály spavosti. Následuje fyzikální vyšetření a podle potřeby další specializovaná vyšetření. Objektivní tíže poruchy se stanoví vhodnou přístrojovou metodou podle klinické otázky a možností pracoviště. Po potvrzení diagnózy může následovat titrace, tedy nastavení optimálního tlaku terapeutického přístroje; titrace již představuje součást nastavení léčby, nikoli vlastní diagnostiky. Diagnostika i titrace mohou probíhat za hospitalizace nebo ambulantně.

Obstrukční spánková apnoe – v MKN-10 součást kategorie G47.3 Spánková apnoe

Obstrukční spánková apnoe (OSA) je porucha dýchání ve spánku, při které dochází k opakovanému uzavření horních cest dýchacích. Přestože dechové svaly vyvíjejí úsilí, proudění vzduchu je omezené nebo zcela přerušené, což může vést k poklesu saturace krve kyslíkem a k opakovaným probouzecím reakcím (12). Závažnost OSA se běžně vyjadřuje indexem apnoe-hypopnoe (AHI), tedy průměrným počtem apnoí a hypopnoí za hodinu spánku. AHI je také jedním z údajů zohledňovaných při indikaci a úhradě léčby; hodnota $AHI \geq 15/h$ může být podle konkrétní klinické situace a úhradové kategorie jednou z podmínek pro předepsání terapeutického přístroje. Závažnost OSA podle AHI je shrnuta v tabulce 1. Uvedené hranice platí pro dospělé pacienty; u dětí se používají odlišná a přísnější kritéria.

Prevalence obstrukční spánkové apnoe se podle různých studií odhaduje na 9–38 % dospělé populace a je vyšší u mužů. S věkem se zvyšuje a v některých starších skupinách dosahuje až 90 % u mužů a 78 % u žen. Při $AHI \geq 15$ událostí/h se prevalence v běžné

dospělé populaci pohybovala od 6 % do 17 %, přičemž ve vyšším věku dosahovala až 49 %. Prevalence OSA byla vyšší také u obézních mužů a žen (15).

Diagnostika

OSA je velmi častý a často poddiagnostikovaný stav; podle evropských údajů zůstává bez diagnózy až 80 % pacientů (16). Správná diagnostika je klíčová, protože terapeutická opatření, jako jsou léčba pozitivním přetlakem v dýchacích cestách (PAP), intraorální pomůcky nebo chirurgické zákroky, mohou být účinná, jejich použití však má být cíleno na pacienty s objektivně prokázanými respiračními událostmi odpovídajícího typu a závažnosti.

Léčba pozitivním přetlakem v dýchacích cestách patří mezi základní léčebné možnosti OSA (17). Používají se různé režimy, zejména CPAP nebo automaticky titrovaný APAP, dvouúrovňový BPAP a ve vybraných indikacích také adaptivní servoventilace (ASV) či jiné ventilační režimy. Volba režimu a nastavení přístroje se řídí typem poruchy, komorbiditami a výsledkem titrace. Podrobný rozbor léčebných režimů přesahuje diagnostické zaměření tohoto článku.

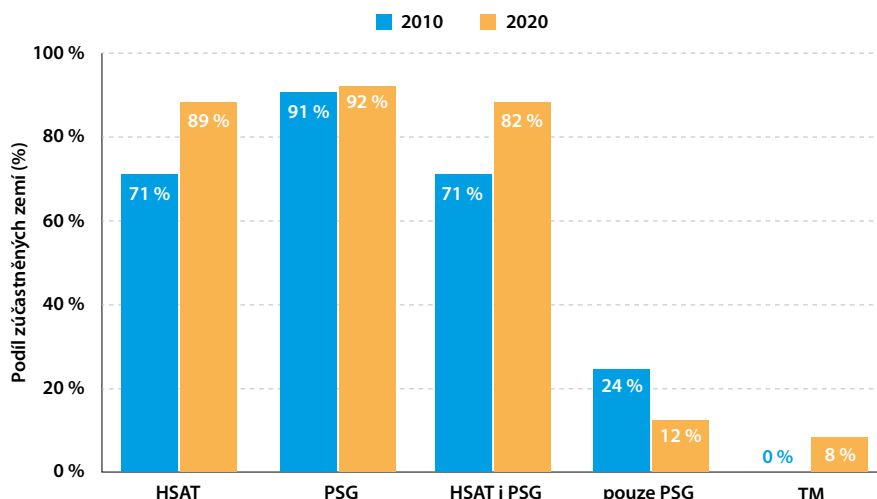
Diagnostické systémy musí vyvažovat komplexnost a přesnost měření s komfortem a dostupností pro pacienta, tedy volbu mezi laboratorním a domácím systémem. Stále častěji se diagnostika provádí v domácích podmínkách pomocí HSAT (Home Sleep Apnea Testing), což vedle úspory nákladů přináší větší komfort pacientům monitorovaným ve vlastním domácím prostředí. Obrázek 1 ukazuje, že mezi roky 2010 a 2020 vzrostl podíl evropských pracovišť používajících HSAT ze 76 % na 89 %, tedy o 13 procentních bodů. Podíl pracovišť používajících jako jedinou diagnostickou metodu PSG klesl z 24 % na 12 %, tedy o 12 procentních bodů (16).

Tab. 1. Závažnost obstrukční spánkové apnoe u dospělých podle AHI (14)

Závažnost OSA	AHI (události/h)
Norma	< 5
Lehká OSA	5 až < 15
Středně těžká OSA	15 až < 30
Těžká OSA	≥ 30

AHI = index apnoe-hypopnoe; uvedené hranice se vztahují na dospělé pacienty

Obr. 1. Diagnostické postupy pro OSA v evropských centrech v letech 2010 a 2020; upraveno podle (16)



INZERCE

Přístrojová diagnostika

Pro diagnostiku OSA se od roku 1994 používá historické členění přístrojů do čtyř úrovní podle rozsahu zaznamenávaných signálů, přítomnosti odborného dohledu a místa vyšetření; souhrn uvádí tabulka 2 (18). V současné klinické praxi se rozhodování opírá především o volbu mezi laboratorní PSG a technicky adekvátním HSAT u vhodně vybraných pacientů.

V Česku se častěji používá praktické rozdělení na polysomnografická (PSG), polygrafická (PG) a screeningová zařízení bez důsledného označování jednotlivých historických úrovní.

1. Noční polysomnografie v laboratoři (úroveň 1)

Popis

- Kompletní snímání během spánku zahrnuje elektroencefalografii (EEG), elektrookulografii (EOG), elektromyografii (EMG), elektrokardiografii (EKG), měření oronazálního průtoku vzduchu, pohybu hrudníku a břicha, polohy těla a saturace krve kyslíkem (SpO₂).
- Umožňuje určit spánkovou architekturu, fáze NREM a REM, probouzení reakce, spánkovou efektivitu a časovou souvislost respiračních událostí s elektrickou aktivitou mozku.
- Používá se jako referenční metoda při validaci jiných diagnostických systémů; možné uspořádání PSG laboratoře je znázorněno na obrázku 2. Video-PSG se uplatňuje také při diagnostice vybraných parasomnií, nočních motorických událostí a diferenciální diagnostice epileptických záchvatů.

Výhody

- Vysoká diagnostická přesnost a komplexní pohled na dýchačí události i další poruchy spánku.
- Možnost rozlišit různé typy událostí, například apnoe, hypopnoe a RERA (respirační úsilí spojené s probouzení reakcí), a zohlednit skutečnou dobu spánku, nikoli pouze dobu záznamu.
- Umožňuje stanovit nejen AHI, ale také charakteristiky desaturací, trvání epizod a desaturační index (ODI).

Omezení

- Nákladnost (zařízení, personál, infrastruktura).
- Rušivé pro pacienta (vedení kabeláže, přístroje, cizí prostředí).

- Měření obvykle probíhá jednu noc a nemusí zachytit variabilitu mezi nocemi. Dostupnost může být v některých centrech omezena dlouhou čekací dobou.

2. Přenosná a domácí monitorovací zařízení (Home Sleep Apnea Testing, HSAT)

Popis

- Úroveň 2 – přenosná PSG v domácím prostředí se stejným nebo obdobným rozsahem kanálů jako laboratorní vyšetření; v Česku se používá jen omezeně.
- Úroveň 3 – kardiorespirační nebo limitovaná polygrafie. Přístroje mají omezený počet kanálů pro měření průtoku vzduchu, dechového úsilí, SpO₂, pulzu a polohy těla. Dříve se v Česku používaly převážně během hospitalizace, nyní se stále častěji využívají v domácím prostředí v rámci ambulantní péče.
- Úroveň 4 – screening. Velmi jednoduché systémy obvykle zaznamenávají průtok, SpO₂ a pulz.

Výhody

- Pohodlnější pro pacienta, lze provést v přirozeném prostředí.
- Nižší náklady, umožňuje rozšířený screening.
- Vhodné zejména pro pacienty s vysokou předtestovou pravděpodobností OSA a bez závažných komorbidit, které by zhoršovaly interpretaci výsledku.

Obr. 2. Ilustrační uspořádání PSG spánkové laboratoře; vlastní zpracování s využitím generativní AI (19)



Tab. 2. Historické čtyřúrovňové členění diagnostických systémů podle rozsahu vyšetření (18)

Testovací úroveň	Popis	Dohled	Zaznamenávané parametry	Poznámka
Úroveň 1	Standardní PSG ve spánkové laboratoři	Přítomen odborný personál	EEG, EOG, EMG brady a dolních končetin, EKG, průtok vzduchu, dechové úsilí, SpO ₂ a další kanály	Referenční laboratorní metoda
Úroveň 2	Přenosná PSG	Bez přímého dohledu	Obdobný rozsah jako u úrovně 1	Komplexní studie v domácím prostředí
Úroveň 3	Kardiorespirační polygrafie	Bez přímého dohledu	Nejméně čtyři signály, obvykle průtok, dva kanály dechového úsilí, SpO ₂ , pulz a poloha	Technicky adekvátní HSAT; nezahrnuje standardní EEG
Úroveň 4	Jeden až dva základní signály	Bez přímého dohledu	Typicky SpO ₂ , pulz a/nebo průtok vzduchu	Orientační screening

PSG = polysomnografie; EEG = elektroencefalografie; EOG = elektrookulografie; EMG = elektromyografie; EKG = elektrokardiografie; HSAT = domácí testování spánkové apnoe

Tab. 3. Vybrané zdravotní výkony související s přístrojovou diagnostikou poruch dýchání ve spánku (22)

Číslo výkonu	Název	Odbornost	Omezení místem	Omezení frekvencí	Popis	Bodová hodnota
25260	Domácí měření průtoku a saturace kyslíku	205, 209, 103, 101, 107, 701, 001	A – pouze ambulantně	1/1 den	Jednoduchá noční monitorace pomocí snímače průtoku a oxymetru v domácím prostředí. Výkon lze považovat za screeningový před případným vyšetřením ve spánkové laboratoři.	894
25261	Víceparametrové monitorování spánkového syndromu	205, 209, 305, 107, 409, 701	S – pouze na specializovaném pracovišti	1/1 den, 1/1 čtvrtletí, 3/1 rok	Celonoční kontinuální monitorování SpO ₂ , srdeční frekvence, dýchacích zvuků, dechového úsilí, průtoku vzduchu a případně polohy pacienta podle typu přístroje.	2263
25269	Polysomnografické vyšetření – víceparametrové monitorování vitálních funkcí ve spánku	205, 209, 305, 107, 409	S – pouze na specializovaném pracovišti	1/1 den, 1/1 čtvrtletí, 3/1 rok	Víceparametrové monitorování vitálních funkcí včetně EEG, EOG, EMG, EKG, SpO ₂ , průtoku vzduchu, pohybů hrudní a břišní stěny a laryngeálních zvuků během nočního spánku.	6423

Údaje odpovídají znění Seznamu zdravotních výkonů dostupnému ke dni citace; před použitím je nutné ověřit aktuální znění.

Omezení

- Bez EEG a EOG nelze určit spánkové fáze ani objektivní dobu spánku. Respirační události jsou proto zpravidla vztahovány k době monitorování a výsledek se označuje jako respirační index událostí (REI), nikoli jako AHI. Delší doba záznamu oproti skutečné době spánku může vést zejména k podhodnocení závažnosti OSA (20).
- Menší citlivost při lehčích formách OSA či v přítomnosti dalších spánkových poruch.
- Přesnost jednotlivých systémů závisí na jejich konstrukci, kvalitě signálů, použitém algoritmu a populaci pacientů. U výraznější OSA bývá diagnostická shoda s PSG zpravidla vyšší než u lehkých forem (21).
- Možné ztráty signálu (rušení, pohyby pacienta), chybí kontrola odborného personálu.
- Výsledek může být ovlivněn validitou zaznamenaných dat (nesprávné nasazení senzorů, výpadky).

Možnosti úhrady péče

Podle Seznamu zdravotních výkonů platného ke dni citace jsou výše uvedené typy monitorování zastoupeny příslušnými výkony uvedenými v tabulce 3. Je-li výkon omezen na specializované pracoviště, musí být prováděn na pracovišti splňujícím stanovené odborné a organizační požadavky (22).

Níže jsou uvedeny nejčastěji používané přístroje od nekomplexnějších (úroveň 1) až po ty nejjednodušší (úroveň 4).

Polysomnografie (úroveň 1 a 2)

Polysomnografie je dlouhodobě uznávána jako referenční metoda pro diagnostiku poruch spánku. V současnosti se využívá zejména u pacientů s komplikovanými poruchami dýchání ve spánku, například při chronické obstrukční plicní nemoci, neuromuskulárním onemocnění, chronickém srdečním selhání, syndromu obezity a hypoventilace nebo při užívání opioidů. Uplatňuje se také v diagnostice centrálních hypersomnolencí, parasomnií, pohybových poruch ve spánku a nočních záchvatových stavů. PSG je komplexní postup vyžadující odpovídající

výcvik. Mezi standardní zaznamenávané parametry patří EEG, EOG, EMG, EKG, průtok vzduchu, dechové úsilí a pulzní oxymetrie. Každý parametr vyžaduje specifickou techniku záznamu. Přestože se technologie PSG vyvíjí, základní principy sběru dat zůstávají stejné. Důležité jsou umístění elektrod, filtrování a zesílení signálu, citlivost, bitové rozlišení, vzorkovací frekvence, časová základna, referenční zapojení, uzemnění pacienta, měření impedance a fyziologická kalibrace (23).

V českých spánkových laboratořích se PSG obvykle provádí pod dohledem personálu, tedy jako vyšetření úrovně 1. Tentýž nebo obdobně vybavený přenosný systém použitý bez dohledu v domácím prostředí odpovídá úrovni 2, s níž se v Česku setkáváme jen zřídka. U vhodně vybraných pacientů je PSG stále častěji nahrazována polygrafií prováděnou za hospitalizace nebo doma. Polygrafické zařízení bývá levnější, nevyžaduje pevnou instalaci kamery a interkomu v konkrétní místnosti a je jednodušší pro ambulantní použití. U PG bývá jednorázová především nosní kanyla, zatímco ostatní části systému lze používat opakovaně podle pokynů výrobce. U PSG se používají jednorázové nebo opakovaně použitelné elektrody podle konstrukce systému; je nutné počítat také se spotřebním materiálem pro EKG. Časovou výhodou PG je menší počet senzorů. Při domácím použití však zůstává rizikem nesprávné nasazení senzorů, výpadek signálu a omezená možnost okamžité kontroly kvality záznamu.

Součástí PSG bývá také povrchová elektromyografie svalové aktivity dolních končetin, nejčastěji z musculus tibialis anterior oboustranně. Umožňuje objektivně identifikovat periodické pohyby končetin ve spánku, které se mohou vyskytovat samostatně nebo v souvislosti se syndromem neklidných nohou.

Některé specializované testy vyžadují standardizované laboratorní podmínky, předchází celonoční PSG a přítomnost odborného personálu:

Test mnohočetné latence usnutí (Multiple Sleep Latency Test, MSLT)

Představuje objektivní metodu hodnocení nadměrné denní spavosti a fyziologické tendence k usnutí. Vyšetření se provádí během dne

bezprostředně po celonoční PSG a standardně zahrnuje pět dvacetiminutových příležitostí k usnutí, mezi nimiž je odstup 120 minut. Hlavními hodnocenými parametry jsou průměrná latence usnutí a výskyt REM spánku krátce po usnutí (sleep-onset REM periods, SOREMP). MSLT je referenčním testem v diagnostice narkolepsie a dalších centrálních poruch hypersomnolence. Pro správnou interpretaci je nezbytné standardizované provedení včetně ověření dostatečné délky spánku v předchozích dnech, ideálně spánkovým deníkem a aktigrafií (24, 25).

Test udržení bdělosti (Maintenance of Wakefulness Test, MWT)

Hodnotí schopnost pacienta aktivně odolávat usnutí za standardizovaných podmínek. Na rozdíl od MSLT, který měří fyziologickou spánkovou tendenci, MWT posuzuje schopnost udržet bdělost, a proto se využívá zejména ke sledování účinnosti léčby nadměrné denní spavosti nebo při posuzování způsobilosti vykonávat činnosti vyžadující dlouhodobou pozornost, například řízení motorových vozidel nebo výkon rizikových profesí (25).

PSG laboratoř a diagnostické vybavení

Na obrázku 3 je znázorněno možné uspořádání spánkové laboratoře s videopolysomnografickým systémem.

Většina současných systémů komunikuje prostřednictvím datové sítě. Monitorovací pokoj pacienta a dohledová místnost personálu tak mohou být fyzicky odděleny. Pacient je připojen k potřebným sensorům a současně sledován infračervenou IP kamerou. Často je k dispozici interkom zajišťující obousměrnou komunikaci a záznam zvuku z místnosti. V dohledové místnosti je přítomen spánkový technik, který kontroluje průběh a kvalitu měření. Data včetně audia a videa se zaznamenávají a po ukončení vyšetření analyzují.

Pro následnou automatickou i manuální analýzu je zásadní správné nastavení parametrů zaznamenávaných signálů, zejména vzorkovací frekvence a filtrů. Jorgensen a kol. (27) doporučují u kanálů průtoku z nosu, úst nebo přístroje PAP vyšší vzorkovací frekvence, má-li se z těchto kanálů hodnotit také chrápání. Při digitalizaci musí být vzorkovací

frekvence vyšší než dvojnásobek nejvyšší frekvenční složky sledovaného signálu, aby se předešlo aliasingu. Tento vztah vychází z Nyquistova–Shannonova vzorkovacího teorému; původní práce Harryho Nyquista byla publikována v roce 1928 (28).

Následnou analýzu signálu průtoku, například detekci omezení inspiračního průtoku, může ovlivnit také správné nastavení frekvenčních filtrů (29).

Níže jsou uvedeny vybrané polysomnografické systémy používané na pracovištích v Česku.

Alice (Philips, Nizozemsko)

Systémy PSG Alice společnosti Philips, dříve Respironics, patřily mezi první systémy používané v českých laboratořích. Po modelech Alice 3 a 3.5 následoval model Alice 5, který umožnil integraci PSG a IP kamery do datové sítě. Některé starší modely se již nevyrábějí, ale zůstávají v provozu v řadě spánkových laboratoří. Pro zobrazení, správu a analýzu dat se používá software Sleepware G3. Volitelnou součástí může být automatický analyzátor Somnolyzer, který vyžaduje samostatnou licenci a podporuje automatické předzpracování záznamu.

Model Alice 6 (Obr. 4) je dostupný v několika konfiguracích podle typu a počtu fyziologických kanálů, které je třeba zaznamenávat.

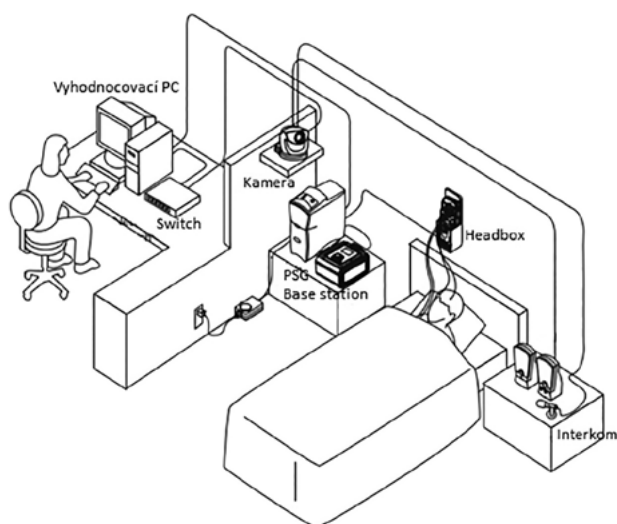
Výrobce níže uvedených diagnostických přístrojů je německá společnost Dr. Fenyves und Gut Deutschland GmbH (F+G) (31). Část své produkce dodává jako zařízení OEM (Original Equipment Manufacturer) (32) společnosti Löwenstein Medical GmbH & Co. KG (33).

V České republice se proto mohou vyskytovat technicky a funkčně shodné přístroje pod dvěma obchodními názvy. Pro přehlednost je druhý název uváděn za lomítkem, pokud existuje.

Porti 10 / Scala a Sonata (F+G / Löwenstein Medical, Německo)

Systém může být dodán v různých konfiguracích podle potřeb pracoviště. Základním modelem je Porti 10 (Scala), který stojí na rozhraní mezi PG a PSG a má čtyři programovatelné vstupy ExG pro různá

Obr. 3. Schéma spánkového pokoje s PSG systémem Alice (26)



Obr. 4. Philips Respironics Alice 6 LDx (30)



Tab. 4. Srovnání vybraných modelů polysomnografického systému Alice (30)

Parametr	Alice 5	Alice 6 LDe	Alice 6 LDxS	Alice 6 LDxN
Celkový počet kanálů	55	31	55	68
EEG	19	6	19	32
EMG univerzální	2 × 2	0	2 × 2	2 × 2
EMG brady	2	3	3	3
EOG	2	2	2	2
EKG svody	2	1	3	3
Dechové úsilí	piezo	indukční	indukční	indukční
EMG dolních končetin	L + P	L + P	L + P	L + P
Aktimetr/akcelerometr	2	2	2	2
Nosní tlaková kanyla	1	1	1	1
Měření tlaku/průtoku přístroje PAP	0	1	1	1
Termistor	1	1	1	1
Poloha těla	1	1	1	1
Chrápání – piezoelektrický mikrofón	1	1	1	1
SpO ₂ , pulz	1	1	1	1
Pletysmografická křivka oxymetru	0	0	1	1
Univerzální analogový vstup (0–1 V)	8	8	8	8

Zdroj: vlastní zpracování podle technické dokumentace výrobce (30)

Tab. 5. Měřené kanály a technické parametry systémů Porti 10 / Scala a Sonata (34)

Parametr	Porti 10 (Scala)	Porti 10 + modul/neuromodul (Sonata)
Celkový počet kanálů	24	65/76
EEG	použitím ExG	6 (neuromodul 21)
EMG brady	použitím ExG	3
EOG	použitím ExG	2
EKG svody	použitím ExG	6
EMG dolních končetin	použitím ExG	2
ExG univerzální	2x bipolární / 4x unipolární	2x bipolární / 4x unipolární
Nosní tlaková kanyla	ano	ano
Termistor	ano	ano
Chrápání (int. přes kanylu)	ano	ano
Chrápání – piezoelektrický mikrofón	ano	ano
Měření tlaku/průtoku přístroje PAP	ano (diferenciální)	ano (diferenciální)
SpO ₂ , pulz	ano	ano
Pletysmografická křivka oxymetru	ano	ano
Dechové úsilí (břicho, hrudník)	Pneumatické nebo indukční	Pneumatické nebo indukční
Poloha těla	ano	ano (možno i externí senzor)
Aktimetr	0	2 (externí senzor)
Okolní osvětlení	ano	ano
PTT	ne	ano
Systolický tlak (trend)	ne	ano
DPC (digital prisma control)	ano	ano
Analogový vstup (0–1 V)	8 (pomocí Base station)	8 (pomocí Base station)
Rozměry (mm), š × v × h	135 × 77 × 30	135 × 77 × 30 + neuromodul
Napájení	Li-ion 3,8 V	Li-ion 3,8 V
Hmotnost	230 g včetně baterie	230 g + 80 g
Paměť (interní SD)	100 h	100 h
Zobrazení stavu	LED	LED
Konektivita	Wi-Fi	Wi-Fi

Zdroj: vlastní zpracování podle technické dokumentace výrobce (34)

použití. Připojením modulu nebo neuromodulu se 6 či 21 vstupy EEG se z přístroje stává plnohodnotný polysomnograf Sonata (Obr. 5). Další rozšíření představuje Base Station, která umožňuje připojit až osm analogových vstupů. Přístroj lze drátově nebo bezdrátově přes Wi-Fi připojit k vyhodnocovacímu počítači a sledovat data on-line, včetně volitelného obrazu z kamery s infračerveným přisvitem.

Pro práci s přístrojem se používá software SleepDoc / MiniScreen Viewer (Obr. 6), který je dostupný v češtině a slouží k nastavení, ovládání a vyhodnocení systému. Stejný software se používá také s polygrafy výrobce. Umožňuje on-line sledování záznamu, volitelný infračervený videomonitoring, záznam dat, manuální skórování a tvorbu zpráv. Aplikace Sleep Xpert umožňuje

Obr. 5. Porti 10 / Sonata (34)

po zahájení měření kontrolovat jednotlivé kanály v reálném čase například na tabletu.

Systém PSG Nox A1s™ (Nox Medical, Island) (35)

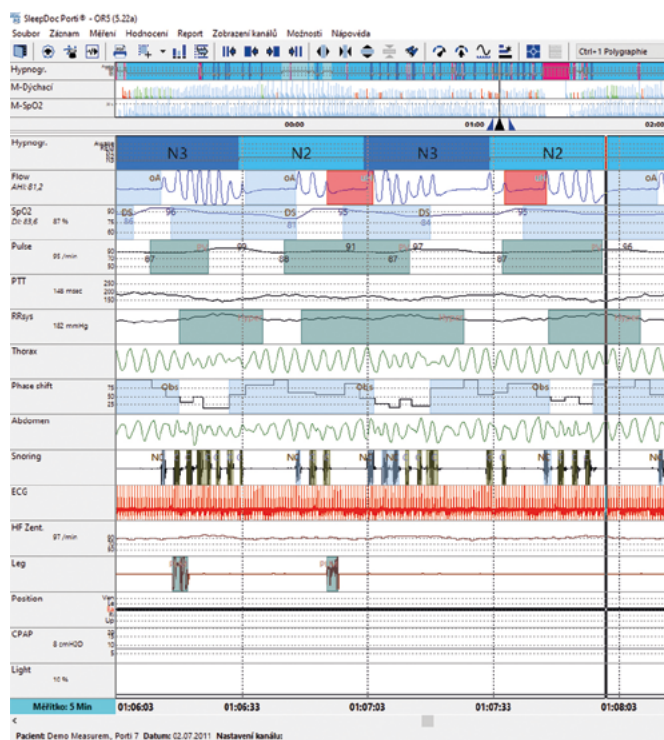
Nox A1s je polysomnografický systém s integrovaným měřením dechového úsilí pomocí RIP a digitálním mikrofonom (Obr. 7). Rozhraní Bluetooth® Low Energy umožňuje komunikaci s pulzním oxymetrem WristOx2® Model 3150 BLE. Přístupové zařízení Nox C1 (Obr. 8) může systém rozšířit pro online studie se synchronizovaným videem. Bezdrátové připojení omezuje množství kabeláže a umožňuje pacientovi volnější pohyb během laboratorního záznamu. Nox C1 má 12 analogových vstupů a lze jej propojit s vybranými externími zařízeními, například se senzory pH, teploty nebo jícnového tlaku. Obsahuje také diferenciální tlakový senzor, rozhraní USB a RS-232 a síťový port LAN.

Pro komunikaci se systémem se používá software Noxturnal. Umožňuje nastavit pracovní prostředí, automaticky předzpracovat záznam, manuálně jej upravit, vytvářet zprávy, importovat a exportovat data ve formátu EDF a při on-line měření kontrolovat impedanci. EDF (European Data Format) je otevřený standardizovaný formát pro ukládání a výměnu vícekanálových fyziologických záznamů (38). Mobilní aplikace Noxturnal pro Android™ umožňuje sledovat stav a živé signály přístroje, zahájit nebo ukončit měření, provést biokalibraci a zkontrolovat impedanci přímo u lůžka pacienta.

Polygrafie (úroveň 3)

Porti 7 / MiniScreen Plus (F+G / Löwenstein Medical, Německo)

Porti 7 / MiniScreen Plus patří mezi první polygrafy používané v Česku a je stále dostupný (Obr. 9). Původní verze MiniScreen 8 a 12

Obr. 7. Nox A1s™ (36)**Obr. 6.** Uživatelské rozhraní softwaru SleepDoc / MiniScreen Viewer (34)

používaly kartu SD, kterou bylo nutné pro stažení dat vložit do čtečky v počítači. Novější verze mají interní paměť flash a data se stahují pomocí speciálního kabelu USB. Baterie je integrovaná. Přístroj zobrazuje osm základních kanálů: průtok, chrápání, SpO₂, pulz, polohu těla, hrudní a břišní dechové úsilí a tlak PAP. Podle konfigurace může měřit také další volitelné kanály uvedené níže. Charakteristickým řešením přístrojů tohoto výrobce je použití pneumatických balonků ke snímání dechového úsilí.

Měření volitelných kanálů je možné pouze u přístroje vybaveného odpovídající konektorovou přípravou od výrobce.

Termistor

Připojením termistoru se získá další kanál pro analýzu oronazálního dýchání. Termistor má tvar umožňující současné umístění nosní tlakové kanyly.

Obr. 8. Nox C1 (37)

Tab. 6. Měřené kanyly a technické parametry systému Nox A1s (35–37)

Parametr	Nox A1s™
EEG	6x unipolární + 2x referenční
EMG brady	3x unipolární
EOG	2x unipolární
EKG svody	použitím ExG
EMG dolních končetin	použitím ExG
ExG univerzální	4x bipolární (použití pro termistor, EKG nebo EMG)
Nosní tlaková kanyla	ano (Nox konektor)
Termistor	pomocí ExG
Chrápání (int. pomocí kanyly)	ano
Chrápání – piezoelektrický mikrofón	ne
Vestavěný mikrofón	snímání okolního zvuku dýchání, chrápaní
Měření tlaku/průtoku přístroje PAP	snímání z masky, není diferenciální
SpO ₂ , pulz	ano, Bluetooth externí oxymetr
Pletysmografická křivka oxymetru	ano
Dechové úsilí (břicho, hrudník)	RIP
Poloha a aktivita	vestavěný 3D akcelerační senzor
Okolní osvětlení	ano
Rozměry (mm), š × v × h	82 × 62 × 26
Napájení	uživatelsky vyměnitelná 1,5 V AA baterie
Hmotnost	92 g bez baterie, 120 g s baterií
Interní paměť	4 GB, 20–30 hodin záznamu
Zobrazení stavu	OLED displej
Konektivita	Bluetooth® 5.0, USB 2.0 high-speed

Zdroj: vlastní zpracování podle technické dokumentace výrobce (35–37).

Snímač EKG (elektrokardiogram)

Jde o jednorázový snímač EKG s vlastní zemnicí elektrodou a elektrodami s patentkovým připojením. Přístroj může zaznamenávat srdeční frekvenci, křivku EKG ve svodu II a pulzní tranzitní čas (PTT) a z něj odvozovat trend systolického krevního tlaku.

Snímač pohybů nohou PLM (periodic leg movement)

Přístroj lze doplnit piezoelektrickým snímačem pohybů nohou. Výsledkem je celonoční signál pohybové aktivity, který lze následně analyzovat. Pro standardní diagnostiku periodických pohybů končetin ve spánku však zůstává referenční metodou povrchové EMG obou svalů tibialis anterior; piezoelektrický snímač poskytuje pouze nepřímý záznam pohybu.

Neuroport

Speciální třídlíná elektroda funguje jako frontální svod EEG. Před aplikací je nutné místo kontaktu na čele připravit abrazivním gelem; k omezení pohybu elektrody během vyšetření se používá čelenka.

Externí kanyly

Připojením externího boxu s napěťovým vstupem RJ45 v rozsahu 0–2,5 V pro až osm externích kanálů lze zařízení rozšířit například o měření pCO₂, jícnovou pH-metrii nebo teplotu pacienta.

Obr. 9. Porti 7 / MiniScreen Plus (39)

Porti 9 / Samoa (F+G / Löwenstein Medical, Německo)

Porti 9 / Samoa umožňuje měřit více kanálů než jednoduchá screenin-
gová zařízení a poskytuje komplexnější hodnocení během noční monitora-
ce. Přístroj lze přes USB s optickým oddělením připojit k počítači a provádět
on-line dohled nad pacientem, včetně použití kamery s infračerveným
přísvislem a záznamu zvuku (Obr. 10). Dechové úsilí se měří pneumatickými
senzory: balonky umístěné v popruzích na hrudníku a břiše přenášejí změ-
ny tlaku tenkou hadičkou do snímače v přístroji. Popruhy jsou dostupné
v různých velikostech včetně dětských. Nosní kanyla třídy IIa se připojuje
konektorem Luer-lock a může být doplněna mikrobiologickým filtrem třídy
I. Způsob napojení pacienta je znázorněn na obrázku 11.

Nox T3s™ (Nox Medical, Island) (41)

Nox T3s je modernizovaná verze přístroje Nox T3. Jde o polygrafické
zařízení určené k diagnostice poruch dýchání ve spánku (Obr. 12). Data
se analyzují v softwaru Noxturnal, který může obsahovat funkci Nox
BodySleep pro odhad doby spánku pomocí algoritmů strojového učení.
Záznam lze podle nastavení spustit automaticky po připojení pásů.
Pásky využívají respirační indukční pletysmografii (RIP). Přístroj má dva
univerzální vstupy ExG pro připojení různých elektrod podle potřeby
vyšetření; technické parametry uvádí tabulka 7.

Bittium Respiro™ (Bittium, Finsko) (42)

Výrobce uvádí Bittium Respiro jako zdravotnický prostředek podle
MDR; přístroj má hmotnost 48 g. Je dostupný ve třech konfiguracích
s odlišným rozsahem měřených kanálů podle potřeb spánkové labo-
ratoře (Tab. 7). Používá jednorázové kanyly a podle konfigurace také
jednorázové pásky pro měření dechového úsilí, což omezuje potřebu
následné dezinfekce těchto částí. Data lze po odpovídajícím zabez-
pečení a nastavení přenášet do cloudového úložiště a analyzovat
v softwaru Bittium Respiro Analyst™; tím lze omezit potřebu lokální
instalace softwaru a zajistit centrální správu a zálohování dat (Obr. 13).

Tab. 7. Srovnání měřených kanálů a technických parametrů vybraných polygrafických přístrojů (39–42)

Parametr	Porti 7 (Miniscreen 8, 12)	Porti 9 (Samoa)	Nox T3s™	Bittium Respiro™
Vyrábí se	ano	ano	ano	ano
Průtok	kanyla	kanyla	kanyla (Nox)	kanyla
Termistor	ano (volitelné)	ano	ne	ne
Chrápání	kanyla	kanyla	kanyla (Nox)	kanyla
Interní mikrofon	ne	ne	záznam zvuku + chrápaní	ano
Tlak PAP	ano až 45 cm H ₂ O	ano až 45 cm H ₂ O	ano až 50 cm H ₂ O	ne
SpO ₂ + pulz	měkký prstový senzor	měkký prstový senzor	Bluetooth® Nonin 3150 BLE	Bluetooth® Nonin 3150 BLE
Pulzová vlna	ano	ano	ano	ne
Hrudní úsilí	pneumatically	pneumatically	RIP	RIP (konfigurace 1, 2, 3)
Břišní úsilí	pneumatically	pneumatically	RIP	RIP (konfigurace 2 a 3)
Poloha těla	ano	ano	ano	ano
Aktivita	ano	ano	ano	ano
Okolní osvětlení	ano	ano	ano	ne
EKG	ano (volitelné)	ne	ne	ano (konfigurace 3)
Snímač pohybů nohou	ano (volitelné)	ne	ne	ne
Neuroport	ano (volitelné)	ne	ne	ne
Univerzální kanály ExG	ne	ne	2× bipolár + GND (EKG / EMG / EEG / EOG)	ne
Externí analogové kanály	ano	ne	ne	ne
Rozměry (mm), š × v × h	62,7 × 140 × 30,5	62,7 × 140 × 30,5	68 × 62 × 26	46 × 81 × 19
Hmotnost (g)	160 g (integrované aku)	135 g (vyměnitelné aku)	70 g (bez baterie)	48 g (integrované aku)
Kapacita paměti	100 hodin	100 hodin	24 hodin	740 hodin
Automatické zapnutí/vypnutí	pomocí SW nebo tlačítka	pomocí SW nebo tlačítka	pomocí SW, tlačítka, připojením pásů	pomocí SW nebo tlačítka
On-line provoz	ano	ano	ne	ne
LCD	ne, pouze LED	ano	ano	ne, pouze LED
Přenos dat	USB	USB	USB	USB
Software	SleepDoc/ESV	SleepDoc/ESV	Noxturnal (CZ) včetně Nox BodySleep	Bittium Respiro Analyst™
Výrobce	Löwenstein Medical	Löwenstein Medical	Nox Medical	Bittium Corporation

Zdroj: vlastní zpracování podle dokumentace jednotlivých výrobců (39–42). Technické parametry se mohou lišit podle konfigurace a verze zařízení

Obr. 10. Porti 9 / Samoa (40)**Obr. 12.** Nox T3s™ (41)**Obr. 11.** Příklad napojení pacienta (40)**Obr. 13.** Bittium Respiro™ (42)

Screening (úroveň 4)

SOMNOcheck micro CARDIO (Löwenstein Medical, Německo) (43)

SOMNOcheck micro CARDIO (Obr. 14) se již nevyrábí, ale zůstává zastoupen v některých ambulancích. Aktuální i naměřené hodnoty lze zobrazit na barevném displeji LCD. Přístroj se upevňuje na zápěstí podobně jako hodinky.

ApneaLink™ Air (ResMed, USA) (44)

ApneaLink Air (Obr. 15) je přenosný domácí přístroj pro screening poruch dýchání ve spánku. Umožňuje jednoduché nasazení pacientem a následné vyhodnocení záznamu odborným pracovníkem. Tento model se již nevyrábí ani nedodává.

PolyWatch YH-600A Pro (BMC Medical, Čína) (45)

PolyWatch YH-600A Pro (Obr. 16) je lehké zařízení upevněné na zápěstí. Barevný displej OLED zobrazuje křivky v reálném čase a další stavové parametry. Software umožňuje správu měření, kontrolu záznamu a tvorbu tiskových zpráv. Model YH-600B Pro je navíc vybaven pásy pro měření hrudního a břišního dechového úsilí.

Porti 7-M / MiniScreen Plus Basic (F+G / Löwenstein Medical, Německo)

Porti 7-M / MiniScreen Plus Basic je screeningový přístroj používaný mimo jiné v ordinacích praktických lékařů pro časný záchyt pacientů s podezřením na OSA. Při splnění podmínek lze vykázat

výkon 25260. Obrázek 17 ukazuje schematické napojení přístroje pomocí popruhu, který neměří dechové úsilí a slouží pouze k fixaci zařízení na těle pacienta.

Samoa Lite (Löwenstein Medical, Německo) (47)

Samoa Lite je novější a menší varianta přístrojů Porti 7-M / MiniScreen Plus Basic (Obr. 18). Baterii může uživatel vyměnit. Tlačítka

Obr. 16. PolyWatch YH-600A Pro (45)



Obr. 17. Porti 7-M / MiniScreen Plus Basic (46)



Obr. 14. SOMNOcheck micro CARDIO (43)



Obr. 15. ApneaLink™ Air (44)



Obr. 18. Samoa Lite (47)



Tab. 8. Srovnání měřených kanálů a technických parametrů vybraných screeningových přístrojů (43–47)

Parametr	SOMNOcheck micro CARDIO	ApneaLink™ Air	PolyWatch YH-600A Pro	Porti 7-M / MiniScreen Plus Basic	Samoa Lite
Vyrábí se	ne	ne	ano	ano	ano
Průtok	kanyla	kanyla	kanyla	kanyla	kanyla
Chrápání	kanyla	kanyla	kanyla	kanyla	kanyla
Tlak PAP	ne	ne	ano	ano	ano
SpO ₂ + pulz	měkký prstový senzor	měkký prstový senzor	měkký prstový senzor	měkký prstový senzor	měkký prstový senzor
Pulzová vlna	ano	ne	ano	ano	ano
Hrudní úsilí	ne	pneumaticky	ne	ne	ne
Břišní úsilí	ne	ne	ne	ne	ne
Poloha těla	ne	ano	ne	ne	ne
Okolní osvětlení	ne	ne	ne	ano	ano
Rozměry (mm), š × v × h	112 × 50 × 30	102 × 62 × 30	78 × 60 × 21	62,7 × 140 × 30,5	66 × 90 × 29
Hmotnost (g) včetně baterie	145 g (2× AA)	66 g (2× AAA)	75 g (1× AA)	160 g (interní aku)	135 g (interní aku)
Kapacita paměti	min. 8 h	48 hodin	64 záznamů, min. 8 hod.	48 hodin	100 hodin
Automatické zapnutí/ vypnutí	ano, pomocí SW	ano, pomocí senzorů	Odpočítávání	ano, pomocí SW	ano, pomocí SW
Online provoz	ne	ne	ne	ano	ano
Přenos dat	USB kabel	USB kabel	USB, TF card, Bluetooth®	USB kabel	USB kabel
Software	SomnoLab	ApneaLink Air	PolyLogic	SleepDoc/ESV	SleepDoc/ESV
Výrobce	Löwenstein Medical	ResMed	BMC	Löwenstein Medical	Löwenstein Medical

Zdroj: vlastní zpracování podle dokumentace jednotlivých výrobců (43–47). Dostupnost a technické parametry je vhodné ověřit pro konkrétní verzi zařízení.

na přední straně lze zobrazit stav baterie a přístroj zapnout nebo vypnout; druhou možností je automatické časové nastavení v softwaru.

Kritéria výběru diagnostického systému

Při výběru vhodného systému nebo zařízení je vhodné zvážit následující kritéria:

- Cíl použití. Je nutné rozlišit orientační screening, klinickou diagnostiku a výzkumné použití. Pro diagnostiku nekomplikované OSA lze u vhodně vybraných dospělých použít technicky adekvátní HSAT; při podezření na jiné poruchy spánku, významné komorbiditě nebo nejednoznačný výsledek je vhodná PSG s EEG.
- Počet kanálů a senzory. Rozsah měření se volí podle klinické otázky. K dispozici jsou senzory průtoku, dechového úsilí, SpO₂, polohy a aktivity a polysomnografické kanály EKG, EEG, EOG a EMG.
- Pohodlí a obsluha pacientem. Jednodušší a názornější nasazení zvyšuje pravděpodobnost správného provedení domácího testu a snižuje riziko ztráty signálu.
- Software, automatické skórování a cloudové služby. Důležité jsou přehlednost obsluhy, možnost manuální kontroly automatického výsledku, kybernetická bezpečnost, ochrana osobních údajů, auditovatelnost změn a bezpečný přenos výsledků.
- Validace a odborná literatura. Je vhodné upřednostnit zařízení validovaná proti laboratorní PSG v populaci odpovídající zamýšlenému použití a s transparentně popsány algoritmy a omezeními.
- Nákladová efektivnost, údržba a spotřební materiál. Systémy se liší pořizovací cenou, náklady na licence, servis, kalibrace, dezinfekci a jednorázové senzory. Celkové náklady je nutné hodnotit včetně času personálu a četnosti nehodnotitelných záznamů.
- Možnost rozšíření a inovace. Důležitá je možnost doplnit nové senzory, aktualizovat software a algoritmy, integrovat zařízení s ne-

mocničními informačními systémy a bezpečně propojit systém s dalšími technologiemi.

Technické aspekty snímání biosignálů

Pro spolehlivou diagnostiku je důležitá správná aplikace senzorů i volba typu senzoru odpovídajícího použitému přístroji a cíli měření. Níže jsou shrnuty technické a praktické problémy, které se ve spánkových laboratořích často vyskytují.

Měření EEG

Při měření EEG je vhodné používat elektrody a referenční elektrody z kompatibilních materiálů. Nevhodná kombinace může zhoršit kvalitu signálu a zvýšit polarizační napětí. Zapojení zemnicích a referenčních elektrod pro EEG a EKG musí odpovídat konstrukci systému a pokynům výrobce; nelze obecně předpokládat, že jedna společná zemnicí elektroda je vhodná pro všechny přístroje. Příprava místa kontaktu s pokožkou abrazivním přípravkem, například Nuprep, a následné očištění pomáhají snížit impedanci.

Nosní tlaková kanyla a termistor

Nosní tlaková kanyla (Obr. 19) je plastová hadička s hroty zaváděnými do nosních dírek; některé varianty mají také vývod před ústa. Tlakový snímač zaznamenává změny tlaku související s prouděním vzduchu, obvykle jako souhrnný signál bez spolehlivého rozlišení jednotlivých nosních dírek. Mezi kanylu a přístroj lze vložit mikrobiologický nebo hydrofobní filtr. Výrobci doporučují konkrétní typy kanyl s odpovídající délkou, tvarem a připojovacím konektorem.

Termistor může být podle výrobce určen pro nosní, ústní nebo oronazální snímání (Obr. 20). Zaznamenává změny teploty mezi vdechovaným a vydechovaným vzduchem a jednotlivé snímání prvky obvykle vytvářejí souhrnný signál průtoku.

INZERCE

Obr. 19. Nosní tlaková kanyla (30)

Pro orientační rozlišení dýchání nosem a ústy lze použít nosní tlakovou kanylu pouze v nose a samostatný termistor před ústy. Některé oronazální termistory jsou konstrukčně přizpůsobeny současnému vložení nosní kanyly, což zvyšuje komfort a stabilitu senzorů.

Norman a kol. (48) prokázali, že nosní tlaková kanyla zachycuje respirační události s vysokou citlivostí. Při částečném omezení průtoku, včetně hypopnoí a oploštění inspirační křivky, je nosní tlakový signál citlivější než termistor. Termistor je naopak vhodný zejména pro potvrzení úplného vymizení oronazálního průtoku při apnoe a může současně zachytit proudění před ústy. Při PSG se proto oba senzory vhodně doplňují. Při vyšší teplotě v měřicí místnosti se může citlivost termistoru snížit, protože rozdíl teplot mezi nádechem a výdechem je menší.

Použití mikrobiologických filtrů mezi přístrojem a nosní kanylou

Během pandemie covidu-19 se diskutovalo riziko, že se infekční materiál může cestou nosní kanyly dostat do tlakového snímače přístroje, který nelze běžně sterilizovat. Dobová doporučení proto podle typu zařízení a dostupnosti dekontaminace zahrnovala také odstup mezi vyšetřeními; některé dokumenty uváděly až 72 hodin (49). Filtr však může změnit frekvenční a amplitudovou charakteristiku tlakového signálu, a tím ovlivnit měření průtoku nebo chrápání. Technické měření společnosti Nox ukázalo, že samotná kanyla ovlivňuje frekvenční odezvu a že sestava s filtrem má jiné rezonanční chování než sestava bez filtru. Celkový vliv na zachycení chrápání byl v daném testu malý, vlastnosti signálu se však změnila (50). Je proto nutné používat pouze kanyly a filtry schválené výrobcem konkrétního přístroje a ověřit, že neovlivňují následnou analýzu.

Indukční, piezoelektrické a pneumatické senzory dechového úsilí

Umístění pásů přímo na tělo nebo přes oděv se řídí konstrukcí konkrétního senzoru a pokyny výrobce; nevhodné umístění může změnit citlivost a stabilitu signálu (51).

Obr. 20. Oronazální termistor (30)**Obr. 21.** WristOx2® Model 3150 (53)

Indukční senzor

Respirační indukční pletysmografie (RIP) je založena na změnách indukčnosti vznikajících při expanzi a kontrakci vodivých smyček během dýchání. Systém obvykle používá dva elastické pásy s vodivými smyčkami umístěné na hrudníku a břiše.

RIP umožňuje citlivě zaznamenat pohyby hrudníku a břicha a při vhodné kalibraci také odhadovat jejich vzájemný příspěvek k ventilaci. Aktualizace pravidel AASM uvádějí RIP jako preferovanou metodu pro hodnocení respiračního úsilí při PSG a HSAT, pokud je dostupná a správně použita (52).

Piezoelektrický senzor

Piezoelektrické senzory jsou citlivé na pohyby hrudníku a břicha a mohou zachytit změny respiračního vzorce, včetně epizod apnoe a hypopnoe. Jsou konstrukčně jednoduché, obvykle robustní a vyžadují jen malou údržbu. Jejich amplituda však nemusí být přímo úměrná změně objemu a může být ovlivněna polohou pásu a pohybovými artefakty.

Pneumatický senzor

Pneumatický senzor se skládá z elastického balonku s hadičkou připojenou k tlakovému snímači v přístroji. Balonek je umístěn v pásu na

hrudníku nebo břicha a změny tlaku při dýchání se převádějí na křivku dechového úsilí. Signál bývá vyhlazenější než u některých jiných konstrukcí, senzor však může být méně citlivý na malé pohyby hrudníku a břicha.

WristOx2® Model 3150 s Bluetooth® Low Energy

WristOx2® Model 3150 je samostatný senzor SpO₂ společnosti Nonin (Obr. 21), používaný s některými diagnostickými i terapeutickými zařízeními. Modul se upevňuje na zápěstí a prstový senzor se nasune na prst pacienta. Po spárování podle pokynů výrobce je připraven k měření. Při použití dvou kvalitních alkalických baterií AAA výrobce uvádí až 44 hodin kontinuálního provozu se zapnutým Bluetooth®. V praxi se baterie zpravidla mění po dvou až třech nočních monitoracích; nabíjecí baterie je vhodné dobít po každém měření (53).

Systematický přehled Aggarwala a kol. ukázal, že lak na nehtech má v průměru jen malý a často klinicky nevýznamný vliv na hodnoty

pulzní oxymetrie. Výsledek však závisí na barvě laku, typu přístroje a kvalitě signálu; při nečekaných nebo nekonzistentních hodnotách je vhodné měření zopakovat na nenalakovaném prstu nebo jiném místě (54).

Závěr

Diagnostické systémy lze historicky rozdělit do čtyř úrovní, od komplexní laboratorní PSG přes PG až po jednoduchý screening. Současným trendem je nárůst domácího testování HSAT, které je pro vhodně vybrané pacienty pohodlnější a může být pro zdravotní systém nákladově efektivnější. Při výběru diagnostického systému je nutné zohlednit klinický cíl, typ a počet měřených kanálů, validitu zařízení, kvalitu senzorů, nákladovou efektivnost a možnosti odborného vyhodnocení. Screeningový přístroj poskytuje základní objektivní informace, nenahrazuje však odbornou diagnostiku. Pozitivní, nejednoznačný nebo s klinickým podezřením nesouhlasný výsledek má vést k vyšetření ve spánkové laboratoři odpovídajícího typu.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Publikace byla zpracována s využitím uvedené literatury a nebyla publikována ani zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Žádný. **Financování:** Ne. **Registrace v databázích:** N/A. **Projednání etickou komisí:** N/A.

LITERATURA

- Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Neurologická klinika. Historie spánkové medicíny [Internet]. Praha: Univerzita Karlova; [cit. 2026 May 24]. Available from: <https://neurologie.lf1.cuni.cz/ILFNK-182.html>.
- Česká společnost pro výzkum spánku a spánkovou medicínu. Oficiální stránky [Internet]. [cit. 2026 May 24]. Available from: <https://www.sleep-society.cz/>.
- Česká společnost pro výzkum spánku a spánkovou medicínu. Seznam spánkových center [Internet]. [cit. 2026 May 24]. Available from: <https://www.sleep-society.cz/pracoviste/seznam-center>.
- American Academy of Sleep Medicine. International classification of sleep disorders. 3rd ed, text revision. Darien (IL): American Academy of Sleep Medicine; 2023.
- Sateia MJ. International classification of sleep disorders-third edition: highlights and modifications. Chest. [Internet] 2014;146(5):1387-1394. Available from: <https://doi.org/10.1378/chest.14-0970>.
- Buysse DJ. Insomnia. JAMA. [Internet] 2013;309(7):706-716. Available from: <https://doi.org/10.1001/jama.2013.193>.
- Bassetti CLA, Adamantidis A, Burdakov D, et al. Narcolepsy-clinical spectrum, aetiopathophysiology, diagnosis and treatment. Nat Rev Neurol. [Internet] 2019;15(9):519-539. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41582-019-0226-9>.
- Zee PC, Vitiello MV. Circadian rhythm sleep disorder: irregular sleep wake rhythm type. Sleep Med Clin. [Internet] 2009;4(2):213-218. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2009.01.009>.
- Howell MJ. Parasomnias: an updated review. Neurotherapeutics. [Internet] 2012;9(4):753-775. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13311-012-0143-8>.
- American Academy of Sleep Medicine. International classification of sleep disorders: diagnostic and coding manual. 3rd ed. Darien (IL): American Academy of Sleep Medicine; 2014.
- Allen RP, Picchiotti DL, Garcia-Borreguero D, et al. Restless legs syndrome/Willis-Ekbom disease diagnostic criteria: updated International Restless Legs Syndrome Study Group consensus criteria-history, rationale, description, and significance. Sleep Med. [Internet] 2014;15(8):860-873. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.03.025>.
- American Academy of Sleep Medicine. Sleep apnea [Internet]. Darien (IL): American Academy of Sleep Medicine; [cit. 2026 May 24]. Available from: <https://aasm.org/resources/factsheets/sleepapnea.pdf>.
- Masarykova univerzita. Diagnostika ve spánkové laboratoři [Internet]. Brno: Masarykova univerzita; [cit. 2026 May 24]. Available from: <https://journals.muni.cz/universitas/article/download/2705/2256/3442>.
- Epstein LJ, Kristo D, Strollo PJ Jr, et al. Clinical guideline for the evaluation, management and long-term care of obstructive sleep apnea in adults. J Clin Sleep Med. 2009;5(3):263-276.
- Senaratna CV, Perret JL, Lodge CJ, et al. Prevalence of obstructive sleep apnea in the general population: a systematic review. Sleep Med Rev. [Internet] 2017;34:70-81. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2016.07.002>.
- Fietze I, Laharnar N, Bargiotas P, et al. Management of obstructive sleep apnea in Europe: a 10-year follow-up. Sleep Med. [Internet] 2022;97:64-72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2022.06.001>.
- Patil SP, Ayappa IA, Caples SM, et al. Treatment of adult obstructive sleep apnea with positive airway pressure: an American Academy of Sleep Medicine clinical practice guideline. J Clin Sleep Med. [Internet] 2019;15(2):335-343. Available from: <https://doi.org/10.5664/jcsm.7640>.
- Ferber R, Millman R, Coppola M, et al. Portable recording in the assessment of obstructive sleep apnea. Sleep. 1994;17(4):378-392.
- OpenAI. ChatGPT [large language model on the Internet]. San Francisco (CA): OpenAI; 2026 [cit. 2026 May 24]. Available from: <https://chatgpt.com/>.
- Bianchi MT, Goparaju B. Potential underestimation of sleep apnea severity by at-home kits: rescoring in-laboratory polysomnography without sleep staging. J Clin Sleep Med. 2017;13(4):551-555.
- Cushman P, Radtke A, Kang J, et al. Modified scoring criteria to improve the accuracy of the home sleep apnea test. Sleep Breath. [Internet] 2026;30(1):52. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11325-026-03598-y>.
- Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Seznam zdravotních výkonů [Internet]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky; [cit. 2026 May 24]. Available from: <https://szv.mzcr.cz/Vykon>.
- Butkov N, Keenan SA. An overview of polysomnographic technique. In: Chokroverty S, editor. Sleep disorders medicine: basic science, technical considerations and clinical aspects. 4th ed. New York: Springer; 2017. p. 267-294. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6578-6_17>.
- Littner MR, Kushida C, Wise M, et al. Practice parameters for clinical use of the Multiple Sleep Latency Test and the Maintenance of Wakefulness Test. Sleep. 2005;28(1):113-121.
- Krahn LE, Arand DL, Avidan AY, et al. Recommended protocols for the Multiple Sleep Latency Test and Maintenance of Wakefulness Test in adults: guidance from the American Academy of Sleep Medicine. J Clin Sleep Med. [Internet] 2021;17(12):2489-2498. Available from: <https://doi.org/10.5664/jcsm.9620>.
- Philips Respironics. Alice 6 user guide. Murrysville (PA): Philips Respironics; [date unknown]. Document no. L1078159b05.
- Jorgensen G, Downey C, Goldin J, et al. An Australasian commentary on the AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Sleep Biol Rhythms. [Internet] 2020;18:163-185. Available from: <https://doi.org/10.1007/s41105-020-00259-9>.
- Nyquist H. Certain topics in telegraph transmission theory. Trans Am Inst Electr Eng. [Internet] 1928;47(2):617-644. Available from: <https://doi.org/10.1109/T-AIEE.1928.5055024>.

**Další literatura u autorů
a na www.casopisvnitrnilekarstvi.cz**