

Současná konvenční patologická laboratoř v éře digitální transformace medicíny, výzva pro adaptaci na digitalizaci

■ odb. as. MUDr. Patrik Flodr, Ph.D., Ústav klinické a molekulární patologie, Fakultní nemocnice a Lékařská fakulta UP Olomouc

ÚVOD

První koherentní pokusy o implementaci digitální patologie se datují do roku 2000 a byly zaměřeny na definování standardů digitalizace diagnostických snímků. Zahrnovali také jejich analýzu přímo na pracovišti nebo i vzdáleně včetně vzdáleného sdílení („home office“, extramurální expertní konzultace). Od roku 2019 stále větší počet patologických laboratoří vstupuje různou měrou do digitální transformace, což zahrnuje nejen virtuální digitalizované snímky, ale také kompletní digitalizaci pracovních postupů. Digitální histologické snímky vytvořené pomocí technologie WSI (Whole Slide Image) nabízí uspokojivější prohlížení, čtení, diagnostické reportování, ukládání a vyhledávání, včetně dostupnější aplikace morfometrie a algoritmů automatizované diagnostiky s integrovaným IVD ratingem neoplazií u nabízených digitálních platforem. Nedílnou součástí digitalizace patologie je zavedení digitalizovaných pracovních postupů patologie, které skokově zvyšují přesnost, efektivitu a standardizaci práce v laboratoři. Digitalizovaná patologická laboratoř je obvykle rozdělena do dvou integrovaných informačních (sub)systémů. Prvním z nich je laboratorní informační systém (LIS) s kontinuálním sledováním a přehledem o všech pracovních postupech, v daný okamžik zahrnující i proces skenování sklíček a nepřetržité uvolňování „skenu“ pro expertní čtení. Druhou částí je patologický (lékařský) informační systém (PIS), který zahrnuje virtuální diagnostickou analýzu nasnímaných skel, možnost zadávání dodatečně požadovaných metod a postupů a následně i sestavení diagnostické patologické zprávy pro klinického lékaře. Celková transformace laboratoře patologie v digitalizovanou formu je velkou výzvou pro všechny

| Směrnice, doporučení | Odkaz | Rok vydání | Země původu |
|--|---|-------------|---------------|
| Validace digitální patologie ve zdravotnickém prostředí (Validation of Digital Pathology in a Healthcare Environment), Madison, Digital Pathology Association. | http://digitalpathologyassociation.org/_data/files/DPA-Healthcare-White-Paper-FINAL_v1.0.pdf | 2011 | Mezinárodní |
| Archivace a vyhledávání v systémech digitální patologie (Archival and Retrieval in Digital Pathology Systems), Madison, Digital Pathology Association. | https://digitalpathologyassociation.org/_data/files/Archival_and_Retrieval_in_Digital_Pathology_Systems_final.pdf | 2011 | Mezinárodní |
| Interoperabilita mezi laboratorními informačními systémy anatomické patologie a systémy digitální patologie (Interoperability between Anatomic Pathology Laboratory Information Systems and Digital Pathology Systems), Madison, Digital Pathology Association. | https://digitalpathologyassociation.org/_data/files/Interoperability_Between_Anatomic_Pathology_Laboratory_Information_Systems_and_Digital_Pathology_Systems.pdf | 2011 | Mezinárodní |
| Validace systémů digitální patologie v regulovaném neklinickém prostředí (Validation of Digital Pathology Systems in the Regulated Nonclinical Environment), Madison, Digital Pathology Association. | https://digitalpathologyassociation.org/_data/files/DPA_White_Paper_Final_-_2011-11-17.pdf | 2011 | Mezinárodní |
| Kontrolní seznam anatomické patologie: Akreditační program CAP (Anatomic Pathology Checklist: CAP Accreditation Program). | http://www.cap.org/apps/docs/education/Online-CourseContent/2011/LAP/Resources/Checklists/AP.pdf | 2011 | USA |
| Klinické pokyny Americké telemedicínské asociace z roku 2014 pro telepatologii: Další důležitý krok na podporu zvýšeného přijímání telepatologie v péči o pacienty. (2014 American Telemedicine Association clinical guidelines for telepathology: Another important step in support of increased adoption of telepathology for patient care). | https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2153353922004680?via%3Dihub | 2014 (1999) | Kanada USA |
| Průvodce patologii CAP: Digitální patologie, verze 5.0(1), (CAP Pathology Resource Guide: Digital Pathology, version 5.0(1)). | http://www.cap.org/ | 2015 | USA |
| Posouzení technického výkonu digitálních zařízení WSI pro patologii. Návrh směrnice pro průmysl a zaměstnance Úřadu pro potraviny a léčiva, (Technical Performance Assessment of Digital Pathology Whole Slide Imaging Devices. Draft Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff). US Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health. | http://www.fda.gov/downloads/medicaldevices/deviceregulationandguidance/guidancedocuments/ucm435355.pdf | 2015 | USA |
| Doporučení osvědčených postupů pro implementaci digitální patologie, (Best practice recommendations for implementing digital pathology), Royal College of Pathologists. | https://www.rcpath.org/static/f465d1b3-797b-4297-b7fedc00b4d77e51/Best-practice-recommendations-for-implementing-digital-pathology.pdf | 2018 | UK |
| Praktický průvodce metodou WSI: Bílá kniha Asociace digitální patologie, (A Practical Guide to Whole Slide Imaging: A White Paper From the Digital Pathology Association). | https://meridian.allenpress.com/aplm/article/143/2/222/64743/A-Practical-Guide-to-Whole-Slide-Imaging-A-White | 2019 | USA |
| Strategie digitální patologie 2019 (Digital pathology strategy 2019), Royal College of Pathologists. | https://www.rcpath.org/static/2248bb71-b-773-4693-945bfda593f2f2f2cf251e84-f7d-0-415d-bb67217219203066/Digital-Pathology-Strategy.pdf | 2019 | UK |
| Směrnice pro dálkové hlášení digitálních patologických snímků během období výjimečného provozního zatížení, (Guidance for remote reporting of digital pathology slides during periods of exceptional service pressure). | https://www.rcpath.org/static/626ead77-d7dd-42e1-949988e43dc84c97/RCPath-guidance-for-remote-digital-pathology.pdf | 2020 | UK |
| Stanovisko Royal College of Pathologists k digitální patologii a umělé inteligenci, (Position statement from the Royal College of Pathologists (RCPath) on Digital Pathology and Artificial Intelligence (AI)). | https://www.rcpath.org/static/90e5e248-4ad3-4d-61-8247223f9faffc80/RCPath-AI-position-statement-2022.pdf | 2023 | UK |

Tab. 1: Nejdůležitější směrnice a doporučení týkající se digitální transformace laboratoří patologie

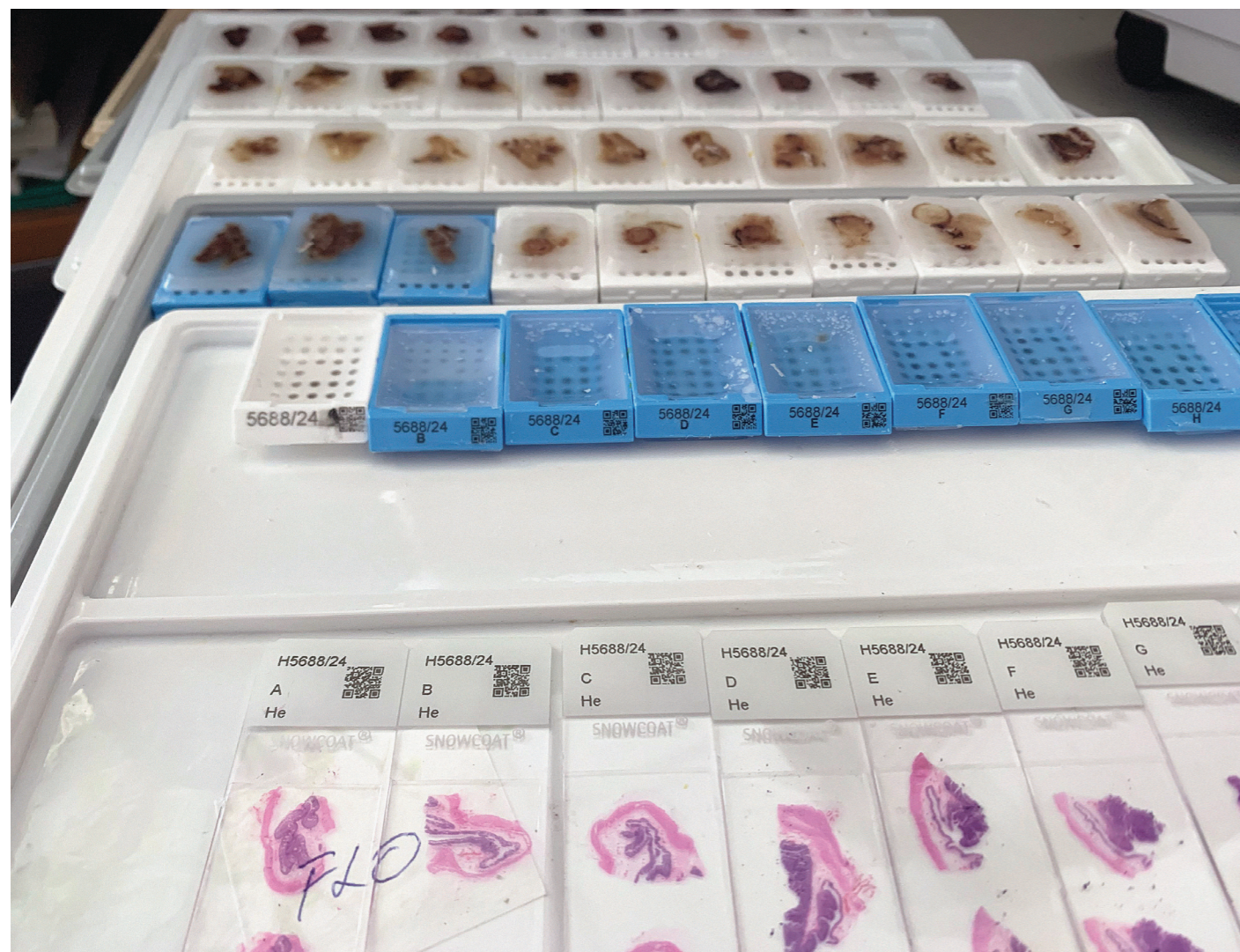
| Analogová éra | Semidigitalizace, hybridní model | Plná digitalizace |
|---|--|--|
| Papírová žádanka se vzorkem a jeho identifikace při příjmu do laboratoře | Různě kombinované označení žádanky a procesu zpracování vzorku ve všech krocích, obvykle probíhá realizace digitalizace, rutinní návky nelze získat, systém náchylný ke kumulaci chyb kvůli nedostatečné standardizaci | Digitální přenos dat z digitalizované žádanky lékaře spárované s čárovým kódem na nádobce se vzorkem při příjmu do laboratoře |
| Papírová žádanka se vzorkem, bloky a snímky; víceřadové zpracování, víceřadové záznamy a zprávy | | Přenos digitalizovaných dat pacienta do systémů LIS a PIS, automatický plán zpracování vzorku do bloků, sklička vč. speciálního barvení, IHC, IF, ISH na bloku, který je předmětem zájmu, skenování všech snímků v systému WSI, všechny snímky opatřeny čárovým kódem |
| Papírová žádanka s bloky a snímky po kompletním zpracování patologem | | Virtuální snímky vyhodnocené v prohlížeči na obrazovce na pracovišti patologa s použitím základní morfometrie a automatizovaného počítání, nebo použití pokročilých automatizovaných a certifikovaných algoritmů (např. rating neoplazií), možnost použití AI (machine learning) |
| Papírová žádanka se zprávou patologa zaslána klinickému lékaři poštou nebo místní poštou | | Komplexní a digitalizovaná zpráva patologa vytvořená v „case manager“ aplikaci platformy a odeslaná klinickému lékaři |
| Kopie papírové žádanky a zprávy patologa uložena do archivu patologie | | Automatizovaná archivace všech kroků při zpracování vzorku („tracing“ možný), virtuálních snímků, automatické kódování a reálné vykazování u každého pacienta |
| Kódování a vykazování v průběhu celého procesu u každého vzorku | | |

Tab. 2: Porovnání charakteristik analogového, hybridního a plně digitalizovaného procesu (příjmu, zpracování vzorku, archivace, vykazování) v patologii

laboratorní pracovníky (především pro získání rutinních návyků), patologické lékaře (zejména analýza virtuálních diagnostických snímků na obrazovce mimo obvyklý mikroskop a používání nástrojů umělé inteligence, resp. aktuálně

algoritmů strojového učení), sekretářky (proces kódování a vykazování pojišťovně), IT specialisty (zejména integrace se stávajícími systémy) a také pro management nemocnice (zahrnutí celého procesu do rozpočtového systému

v rámci investičního plánování). Během implementace a v rámci rozvoje digitalizované patologické laboratoře bude nutné respektovat národní a mezinárodní doporučení pro standardizaci digitální transformace včetně digitalizované



Obr. 1: Kumulace preparátů a souvisejících pracovních úkonů v analogovém systému, vedoucí k následným prostojům při prohlížení a vytváření zpráv k případům

| Požadavky | Instrumentální + SW | Lidské zdroje | Spotřební materiál |
|-----------|--|---|---|
| Základní | Přidělení čárového kódu, skenování snímků na IVD skenerech, displeje s vysokým rozlišením, ergonomické pracoviště, výkonné servery, kapacitní úložiska a vytváření sítí, informační systém laboratoře (LIS), informační systém patologie (PIS) | Školení a získávání vědomostí v oblasti digitalizovaného procesu (rutina), důvěra v digitální a digitalizovanou diagnostiku obrazu, diagnostické algoritmy, možnost volby tvorby zpráv a výkazů na místě a vzdáleně (home office) | Kompatibilní nálepky s čárovými kódy, sklička kompatibilní s podavači skenerů, standardní postupy barvení |
| Pokročilé | Zpracování a diagnóza pomocí automatizovaného postupu, IF skenování | Personalizace nabízených digitalizovaných procesů, analýza obrazových dat pomocí výpočetní techniky, využití aplikací třetích stran | Objem vzorku přizpůsoben automatizovanému zpracování, značení čárovým kódem pomocí laseru |
| Budoucí | Prohlížení virtuálních snímků a diagnostický screening pomocí AI, multiplexu a 3D zobrazování | Bioinformatická a statistická diagnostická analýza, kategorizace případů a vytváření přehledných zpráv, použití rozšířené reality | Plně automatizované a standardizované zpracování makroskopického vzorku v 3D zobrazení, hologramové čárové kódy |

Tab. 3: Požadavky digitalizace patologie a možnost „upgradu“

diagnostiky a odbornými společnostmi doporučených certifikovaných diagnostických algoritmů. V roce 2015 College of American Pathologist (CAP) vydala první zásadní pravidla pro podporu systémové digitální transformace patologické laboratoře (The Digital Pathology Resource Guide of the CAP). Integrálním ramenem pokročilé digitální transformace patologie, a to převážně v rámci fakultních pracovišť, je pre- a postgraduální výuka a výzkumná činnost ve zdravotnictví. Nezbytnou součástí udržování vysokých standardů digitalizovaných laboratorních (LIS) a diagnostických (PIS) pracovních postupů je proces kontroly a zajištění kvality (QC, QA), který

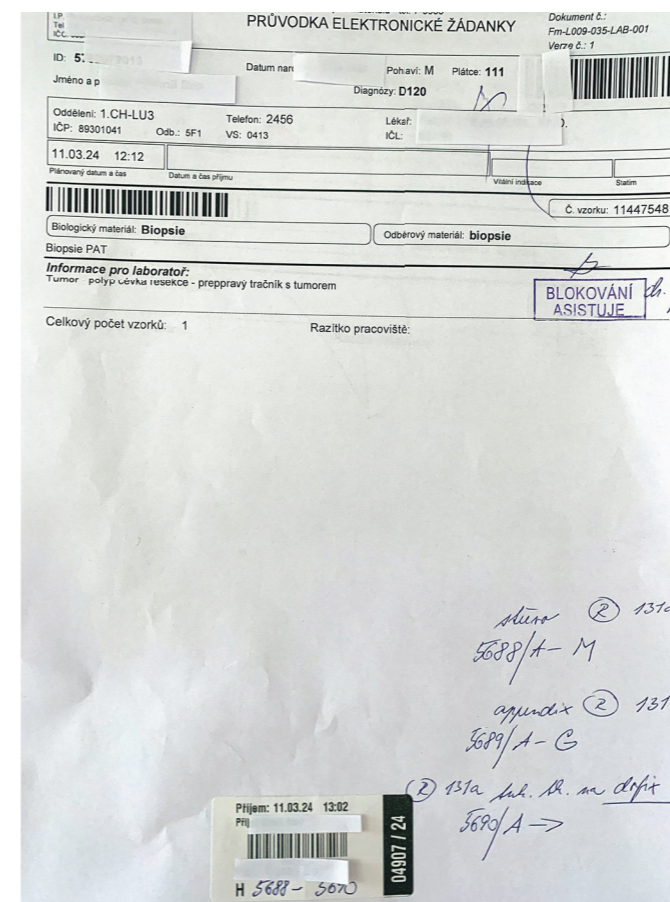
by měl být součástí používané digitální platformy.

Klíčová slova: digitizace, digitalizace, pracovní postupy v patologii, počítačové podporované algoritmy, digitalizovaná diagnostika, interoperabilita, multidisciplinární platformy, směrnice pro digitální implementace.

HISTORIE DIGITALIZACE

Formulování digitizace začíná ve druhé polovině 17. století spolu s rozvojem prvního binárního systému G. W. Leibnize (1679) s publikovaným popisem „Vysvětlení binárních systémů“

(Explanation of Binary Systems, 1703). Poté následovaly další významné milníky: V roce 1755 S. Johnson popsal binární systém v širším pohledu jako unikátní výpočetní metodu, v níž se používá jednoduchá progresse. V roce 1847 byla G. Boolem postulována teorie Booleovy algebry (univerzální rozšíření a přijetí „komputace“); C. Shannon studoval vývoj digitálních obvodů ve smyslu zákonů Booleovy algebry s praktickou aplikací v oboru telekomunikací („routing“). V roce 1938 A. Reeves zjistil, jak digitizovat binární jazyk, a to díky objevu technologie pulzně kódové modulace umožňující hlasové hovory v telekomunikacích. Ve 40. letech minulého století John V. Atanasoff a C. Berry postavili elektronický digitální výpočetní přístroj a jejich technologie zvýšila množství dat, která mohla být ukládána a zpracovávána digitálními zařízeními. První digitální počítač EDVAC byl uveden na trh v roce 1945; roku 1954 společnost GE uvedla na trh počítač UNIVAC 1, jehož součástí byl mzdový systém (automatizovaný systém vyplacení mezd, odečítání záloh na daně a vedení záznamů). Společnost IBM zkonstruovala první diskovou paměťovou jednotku v roce 1956 (maximální velikost disku 5 MB) a roku 1956 stejná společnost vyvinula počítač RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control) s názvem 305 a 605, který poskytl možnost automatizace a digitalizace obchodování se zvýšením efektivity obchodních transakcí. V 60. letech minulého století vláda USA podporovala systém MARC (Machine Readable Cataloging Records) v knihovnách pro záznamy, sledování a vyhledávání v rejstříku. V roce 1969 W. Boyle a G. Smith uvedli na trh technologii CCD (Charge Coupled Device), která umožnila digitalizovat světlo a dnes se používá



Obr. 2: Hybridní, polodigitalizovaný tok pracovních postupů v laboratoři patologie

| Možná úskalí | Analogová éra | Semidigitalizace, hybridní model | Plná digitalizace |
|--|---------------|----------------------------------|---|
| Ztráta papírových žádarek od klinických lékařů | Ano | Ano nebo ne* | Ne Digitální přenos dat |
| Chybná identifikace vzorku provedená ručně | Ano | Ano nebo ne* | Ne Značení čárovým kódem |
| Chybné údaje ve výkazech | Ano | Ano nebo ne* | Ne Digitalizovaná data v systémech LIS a PIS |
| Chybné ruční označení bloků a sklíček | Ano | Ano nebo ne* | Ne Tištěné čárové kódy (pozor na přilepení nálepek!) |
| Špatně přiřazená papírová žádanka a zpráva patologa | Ano | Ano nebo ne* | Ne |
| Ztráta zprávy patologa zasláné e-mailem | Ano | Ano nebo ne* | Ne |
| Sklíčka, bloky a zprávy patologa umístěné nesprávně | Ano | Ano nebo ne* | Ano u sklíček Ne u virtuálních sklíček Ano u fyzických bloků Ne u fyzických bloků označených např. magnetickou sondou v parafínu kódem |
| Neúplné nebo chybné označení kódem a chybné vykazání zdravotní pojišťovně | Ano | Ano nebo ne* | Ne Nepřetržitě automatické kódování, proces vázaný na případ (použité metody, operace a úkony) |
| Chybné digitalizovaná žádanka klinického lékaře | Ne | Ano nebo ne* | Ano Lidská chyba při vyplňování/označování digitálního formuláře |
| Chybná nálepka s čárovým kódem, odtržený čárový kód | Ne | Ano nebo ne* | Ano Nahrzení lepení nálepek s čárovým kódem tiskem nebo gravírováním kódu |
| Chybné skenování kvůli nestandardnímu barvení nebo „zvládněmu“ řezu vzorku | Ne | Ano nebo ne* | Ano Standardizace a školení laboratorních pracovníků (získání rutinních návyků) |

Tab. 4: Porovnání možných úskalí u analogového, hybridního a plně digitalizovaného procesu patologie

v digitálních zobrazovacích zařízeních včetně lékařských přístrojů. Na počátku 70. let byla uvedena na trh první digitální technologie pro medicínu – počítačová tomografie. V roce 1982 byl vyvinut

systém PACS (Picture Archiving and Communicating System), který přinesl možnost standardizované expertní komunikace, prohlížení a sdílení zdravotnických obrazových informací. Na přelomu

80. a 90. let minulého století začíná éra digitálního zdraví, digitální komunikace ve zdravotnictví a prudký rozvoj systémů zdravotní péče, což zahrnuje také růst a rozvoj telepatologie a vznik



Obr. 3: Hybridní, polodigitalizovaný přístup v laboratorii patologie

| Oblast možné nevýhody | Analogový model | Digitalizovaný model | Návrh zlepšení |
|--|--|--|--|
| Přerušení sítě | Ne | Ano | Vytváření paralelních sítí |
| Selhání digitálního úložiště | Ne | Ano | Náhradní disky |
| Externí čárový kód na kazetách a sklíčkách | Ne | Ano | Dočasné překrytí nebo snímek externích čárových kódů s finálním překrytím interním kódem |
| Selhání interního systému čárových kódů (nálepký) | Ne | Ano | Přechod na přímé označení čárových kódů na sklíčka laserem nebo na hologramové čárové kódy |
| Nepravdivost podložního sklíčka, krycího sklíčka, nepravidelný řez vzorku, vyříznutí vzorku mimo krycí sklíčko | Ano | Ano | Standardizace podložních sklíček, krycích sklíček, množství lepidla, montáže, opakovaná příprava vzorku, školení |
| Chyba skenování (přilepení, rozbití nebo upuštění sklíčka, selhání čtení čárového kódu, chyba zaostření, prostoje) | Ne | Ano | Technická podpora, seřízení skeneru, kalibrace a pravidelný servis skeneru, záložní skener, školení |
| Monitorový displej na pracovišti | Ne (světelný mikroskop) | Ano | Standardizace, seřízení a kalibrace displejů na místě a vzdálených displejů (home office) |
| Nezaostření virtuálních snímků, expozice chemickým látkám | Ano/Ano (expozice manuální, fyzická, expozice chemickým výparům) | Ano/Ne (závislé na virtuálním snímku, chromatická chyba, chyba zaostření atd.) | Standardizace, seřízení a kalibrace procesu skenování |

Tab. 5: Porovnání výhod digitalizovaných a analogových modelů toku pracovních postupů

nových mezinárodních profesních asociací v oboru lékařské informatiky, telematiky a telemedicíny, mimo jiné International Medical Informatics Association, European Health Telematics Association a American Telemedicine Association. V roce 2000 nastupuje technologie digitálního obrazu WSI (Whole Slide Imaging) a v roce 2010 jsou v medicíně poprvé použity algoritmy strojového učení (AI, machine learning).

SOUČASNÁ FÁZE DIGITALIZACE A DOPORUČENÍ PRO PATOLOGICKÉ LABORATOŘE

Plně digitalizované patologie ve vyspělých zemích nejsou stále obecným standardem. Celému procesu digitální transformace patologie se však věnuje velmi velká pozornost a v blízké budoucnosti se kompletní digitalizace nutně stane standardem všech

pracovních postupů v oboru patologie, resp. medicíny. Dřívější pokusy o digitální transformaci v patologii byly nahodilým a nekoherentním procesem, který je nyní velmi dobře podpořen pomocí doporučení národních i mezinárodních odborných asociací pro harmonickou realizaci digitální transformace (např. Digital Pathology Association vydala v roce 2011 směrnice pro validaci WSI, College of American

| Výhoda digitalizace | Analogový model | Digitalizovaný model | Poznámka |
|--|---|--|--|
| Rychlé čtení případu | Ne | Ano | V prohlížeči a správci případu (case manager) |
| Počítačem podporované čtení virtuálních snímků (pokročilá analýza) | Ne | Ano | V prohlížeči a správci případu vybaveném digitalizovanými algoritmy |
| Rychlá správa případu | Ne Případy se obvykle předávají společně | Ano Po skenování okamžitý přístup ke čtení virtuálních snímků | Rovnoměrná pracovní zátěž a plynulé diagnostické reportování |
| Rychlé uložení snímků, vyhledávání a snadné otevírání snímků / procesů z úložiště | Ne Provádí ručně technik na vyžádání | Ano | Efektivně získaný druhý odborný názor prostřednictvím vzdáleného čtení, efektivní reportování v odborných komisích, efektivně získaná obrazová příloha pro publikaci, efektivní diagnostický výcvik a výuka |
| Zrychlení obratu zpracování a reportování případů | Ne Více prostojů při zpracování případu | Ano | Automatizace a vyšší standardizace ve zpracování případu |
| Prezentace případů | Ano Přes osové sklíčko - kameru - displej nebo dataprojektor | Ano Okamžitě zobrazení virtuálního snímku na displeji nebo prostřednictvím dataprojektoru | Efektivní prezentace na místě i na dálku (vzdálené připojení k databázi) |
| Objednávání dalších postupů | Ano Vykazování, nespojitá kumulativní forma | Ano Plynule probíhající „on-line“ přes „case manager“ v PIS | Rovnoměrná zátěž specializovaných laboratorní pracoviště |
| „Home office“ čtení a reportování případu | Téměř nemožné Světelný mikroskop doma, fyzická přeprava sklíček, objednávání vykazování, kódování, účetnictví atd. | Ano Flexibilní a vysoce efektivní | Nejistá kvalita zobrazení virtuálních snímků (doma, v hotelu, ve veřejném prostoru), možné omezení přenosu dat oběma směry |
| Procesy sledování případů (okamžitý tracing a stále dostupný tracing v historii případu) | Téměř nemožné Vedení účetnictví, dočasná paměť laboratorního pracovníka | Ano Přístupné, přesně zaznamenané, uložitelné, auditovatelné | Zlepšení zpracování možné analýzou historie postupu vzorku laboratorní, proveditelnost certifikace a auditu |
| Multidisciplinární prezentace případů respektující časovou osu (např. platforma navívy*) | Ano Provádí se ručně | Ano Plně automatizovaný model možný, přístup více stran k prezentaci případu běžný | Očekávané prostoje u analogového modelu - ruční vyhledávání sklíček z archivu, fotografování sklíček, příprava powerpointové prezentace, nerespektuje časovou osu případu (prezentace multioborová není časově poskládána) |
| Použití dalších platform | Ano Provádí se ručně | Ano Polo a plně automatizovaný proces je možný | Možnost mapování žádarek, institucionální adaptace a personalizace |
| Statistika a bioinformatika | Téměř nemožné Časově náročné a vysoká chybovost, pokud se provádí ručně | Ano Možnost efektivního použití aplikací třetích stran | Plynulé a správné reportování do nemocničních, národních a mezinárodních databází diagnostických i experimentálních |

Tab. 6: Porovnání výhod plně digitalizované patologie a konvenčních analogových pracovních postupů



Obr. 4: Hybridní, polodigitalizované pracoviště patologie

Pathologists vydala směrnice pro digitální patologii v roce 2015; česká verze z roku 2023 pod názvem „Metodika SČP ČLS JEP pro implementaci digitální patologie v odbornosti 807/823“). Tato doporučení zahrnují požadavky, postupy a standardy pro provedení digitální transformace patologie, současně předpokládají možnosti modulárního rozšiřování, další dynamický vývoj digitálních platforem, technický rozvoj a nové medicínské požadavky a budoucí aspirace (Tab. 1). Páteří pracovních postupů v laboratořích patologie je a bude samotný informační systém laboratoře (LIS). Informační systém patologie (PIS) bude určený pro diagnostické experty v patologii včetně objednávaní všech i pokročilých metod (základní, speciální, imunohistochemické, imunofluorescenční, genomické, a další metody), vytváření diagnostických reportů, konzultace v rámci pracoviště a vzdálené konzultace národní a mezinárodní.

Základní přehledné porovnání charakteristik analogového, hybridního a digitalizovaného modelu pracovních postupů v patologii je uvedeno v Tab. 2. Popis schematického přehledu digitalizované patologie v Tab. 5. Obr. 1–4 ilustrují hybridní model pracovních postupů v patologii. Proces kompletní transformace analogového modelu patologie v model digitalizovaný není ještě zcela dokončen a očekává se více úrovní požadavků na proměnné v rámci kontinuálního a modulárního

vývoje, viz Tab. 3. Předpokládaná hlavní úskalí, výhody a nevýhody jsou shrnuty v Tab. 4, 5 a 6.

ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA ÚSPĚŠNOU DIGITÁLNÍ IMPLEMENTACI/TRANSFORMACI LABORATOŘE PATOLOGIE

Celý proces digitální transformace patologie – přechod z analogového, ručně řízeného a zapisovaného procesu, zpracování dat a vykazování na plně digitální laboratoř – je náročný proces s nutnými a již známými požadavky na kompatibilní přístrojové, HW a SW vybavení, jako je integrující část systémů LIS a PIS (např. Vantage® Workflow Software) – tiskárny čárových kódů pro sklíčka, kazety a nádoby na bioptické/nekroptické vzorky, čtečky čárových kódů, výkonné digitální IVD skenery (např. skener snímků Ventana® DP200/600, vysokorychlostní skener Ventana® iScan HT), výkonné připojení k síti / virtuální privátní síti (předpokládaná optimální rychlost stahování 20–120 Mbps), předpokládaný optimální rozsah konstantní rychlosti odesílání 20–25 Mbps, vhodné rozlišení displeje (alespoň 2 560 × 1 440 pixelů – 2K, barevná hloubka 10 až 12 bitů/kanál, další aspekty a důležité pravidelné kalibrace, schválení FDA), prohlížeč a správce případů („case viewer and manager“), standardizované algoritmy analýzy obrazových dat (FDA, CE schválení), vhodný server pro rychlou operativní

podporu, dostatečná kapacita úložiště pro archivování a vyhledávání (1–50 MB / digitální snímek, ve formátu WSI 50 MB až jednotky GB / digitální snímek), zpětné sledování („tracing“) všech kroků pracovních postupů, definování bodů kontroly kvality, sledování spotřebního materiálu (kompatibilní sklíčka pro držáky digitálních skenerů, optimální standardní postupy barvení včetně metod IHC, IF, ISH), požadavky na lidské zdroje a požadavky lidských zdrojů (ergonomie, zaškolení, získání rutinních návyků, důvěra v digitální diagnostiku, flexibilní zobrazování virtuálních snímků a reportování v rámci instituce fyzicky na pracovišti a i v rámci „home office“ na dálku), plánování rozpočtu. Další nutnou součástí digitální transformace je management instituce, správcí systémů informačních technologií (dostatečně dostupná síť, interoperabilita, automatizace, budoucí upgrade systému v rámci modularity a kompatibility, udržování kybernetické bezpečnosti).

BUDOUCÍ VÝZVY POKROČILÉ DIGITALIZACE PATOLOGIE

Prudce se rozvíjející proces digitalizace v medicíně, poskytování zdravotní péče i v lékařském výzkumu umožní širší, hlubší a integrovanější digitální transformaci podloženou modulárními digitálními platformami včetně vytváření sítí bezpečného digitálního prostředí (např. centra

excelence, národní a mezinárodní zdravotnické instituce) a zavedení umělé inteligence (AI, machine learning, deep learning) do rychlého a efektivního rozhodování v oblasti diagnostiky a léčby. Kontinuální proces inovace v medicíně a patologii je očekáván nejen v základním virtuálním odcítání a analýze skel, ale také v pokročilé virtuální patologické diagnostice zejména neoplazií analyzovaných pokročilou multiomickou/multiplexní obrazovou analýzou histologických skel (komplexní rating neoplastické populace a prostorové hodnocení mikroprostředí pro „tailored“ terapii). V budoucnu bude kladen důraz na zvýšenou flexibilitu, přesnost a bezpečnost komplexní digitalizace medicíny, resp. zdravotnictví, včetně aplikace vyvíjejících se analytických algoritmů umělé inteligence (AI) a odhalování limitů nebo chyb v oblastech krajních mezí digitalizace s cílem zvýšit robustnost procesů. Multidimenzionální bioinformatika a pokročilá statistika budou hrát důležitou a stále větší roli v personalizovanější, na míru šité onkologické léčbě respektující známé / analýzou zjištěné biologické aspekty včetně jejich dynamiky v rámci monitoringu pacienta, souvisejícího požadavku snížení počtu a gradingu vedlejších účinků cílenější léčby a požadavku „noninferiority“ této léčby se zlepšenou kvalitou života pacienta.

DISKUZE

V současné době jsme na začátku integrativní digitální transformace v oblasti zdravotnictví, zdravotního výzkumu, vzdělávání a adaptace zdravotnických pracovníků. Zvyšující se „tlak“ inovací v digitálním, digitalizovaném a digitálně transformovaném světě se nedílnou měrou zrcadlí ve zdravotnictví a stává se do jisté míry revoluční změnou v oblasti digitální péče o zdraví obecně. Tento aktuálně náročný a komplikovaný proces realizace digitální transformace v medicíně je výzvou, ale v blízké budoucnosti rámcově zjednoduší, standardizuje a zpřístupní diagnostické, prediktivní a terapeutické procesy. V současné době skutečně nestojíme před rozhodnutím, zda zdravotnictví (zcela) digitalizovat / digitálně transformovat, či nikoli. Klíčovou otázkou celého transformativního procesu je „kdy“, resp. „dokdy“ bazálně digitalizovat a následně jak definovat, udržovat

a zvyšovat standardy digitalizovaného ekosystému medicíny.

Reference:

1. Marcial García-Rojo; International Clinical Guidelines for the Adoption of Digital Pathology: A Review of Technical Aspects. *Pathobiology* 1 April 2016; 83 (2-3): 99-109. <https://doi.org/10.1159/000441192>.
2. Hipp J, et al. CAP Pathology Resource Guide: Digital Pathology, version 5.0(1), Northfield, College of American Pathologists, 2014, <http://www.cap.org/> (accessed August 8, 2015).
3. Jahn SW, et al. Digital Pathology: Advantages, Limitations and Emerging Perspectives. *J Clin Med*. 2020 Nov 18; 9 (11): 3697. doi: 10.3390/jcm9113697. PMID: 33217963; PMCID: PMC7698715.
4. Fraggetta F, et al. Best Practice Recommendations for the Implementation of a Digital Pathology Workflow in the Anatomic Pathology Laboratory by the European Society of Digital and Integrative Pathology (ESDIP). *Diagnostics* (Basel). 2021 Nov 22; 11 (11): 2167. doi: 10.3390/diagnostics11112167. PMID: 34829514; PMCID: PMC8623219.
5. Abernethy A, et al. The Promise of Digital Health: Then, Now, and the Future. *NAM Perspect*. 2022 Jun 27; 2022: 10.31478/202206e. doi: 10.31478/202206e. PMID: 36177208; PMCID: PMC9499383.
6. Zarella MD, et al. A Practical Guide to Whole Slide Imaging: A White Paper From the Digital Pathology Association. *Arch Pathol Lab Med*. 2019 Feb; 143 (2): 222-234. doi: 10.5858/arpa.2018-0343-RA. Epub 2018 Oct 11. PMID: 30307746.
7. Evans AJ, et al. American Telemedicine Association clinical guidelines for telepathology: Another important step in support of increased adoption of telepathology for patient care. *J Pathol Inform*. 2015 Mar 24; 6: 13. doi: 10.4103/2153-3539.153906. PMID: 25838965; PMCID: PMC4382756.
8. Hanna, MG, et al. Integrating digital pathology into clinical practice. *Mod Pathol* 35, 152-164 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41379-021-00929-0>.
9. Schüffler PJ, et al. Efficient Visualization of Whole Slide Images in Web-based Viewers for Digital Pathology. *Arch Pathol Lab Med*. 2022 Oct 1; 146 (10): 1273-1280. doi: 10.5858/arpa.2021-0197-OA. PMID: 34979569; PMCID: PMC10060618.



odb. as. MUDr. Patrik Flodr, Ph.D.

Ústav klinické a molekulární patologie, Fakultní nemocnice a Lékařská fakulta UP Olomouc
Kontakt: Patrik.Flodr@fnol.cz

Vzdělání:

1994–2000 Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno, Česká republika
 2000 – Medicinæ Universæe Doctor
 2001–2015 Ústav patologie, Ústav klinické a molekulární patologie, Lékařská fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc, junior rezident, senior rezident a odborný asistent ÚKMP (dosud), 1. atestace v patologii, 2. atestace v patologii, doktorské studium: Potenciální prognostické a prediktivní faktory u konkrétních lymfoproliferativních onemocnění

Stáže

2007 – School of Applied Sciences, Wolverhampton, Velká Británie,
 2008 – The Chaim Sheba Medical Center, Tel-Hashomer, Izrael,
 2008 – 2009 School of Molecular Pathology, CRUK Institute for Cancer Studies Birmingham, Velká Británie

Členství

Česká společnost patologie – SCP
 ČLS JEP, Mezinárodní akademie patologie – IAP, Česká hematologická společnost – ČHS ČLS JEP