



Odborná konferencia sekcie WIN SNUS
 „Využívanie zdrojov ionizujúceho žiarenia v medicíne“
 14. máj 2025, Častá-Papiernička

Telerádiológia: Od prvých snímok po digitálnu revolúciu

Bárdyová Z

Trnavská univerzita v Trnave, FZaSP, Trnava

1

Úvod do telerádiológie

- Meniaca sa paradigma a nové výzvy v zdravotníctve si vyžadujú implementáciu efektívnych stratégií
- Druhá dekáda 21. storočia sa vyznačuje radikálnou transformáciou zdravotníctva s využívaním informačno-komunikačných technológií, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu v poskytovaní a podpore klinickej starostlivosti na diaľku – najmä v akútnych a časovo kritických situáciách
- **Telerádiológia = digitálna cesta snímky** → dôležitý článok v reťazci modernej zdravotnej starostlivosti.

Telerádiológia predstavuje najpoužívanejšiu, technologicky najpokročilejšiu a klinicky najrozvinutejšiu formu telemedicíny, ktorá sa vo svete využíva viac ako 30 rokov.

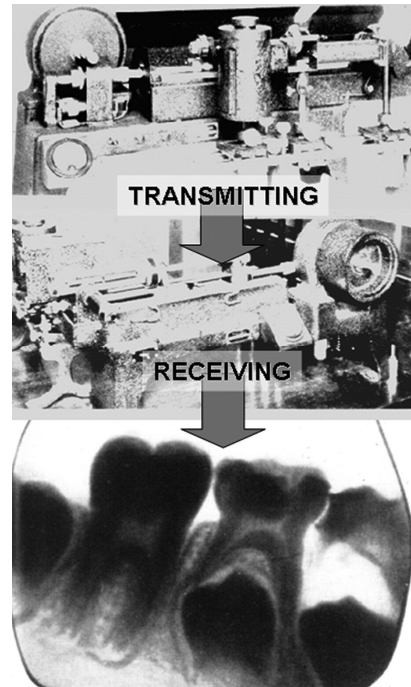
2

Historický vývoj telerádiológie

Telerádiológia, ako súčasť širšej oblasti telemedicíny, má korene v rozvoji komunikačných technológií v polovici 20.storočia.

1929 – historicky prvá zmienka

- V USA boli prenesené dve dentálne röntgenové snímky na diaľku pomocou telegrafu.
- Kvalita obrazu bola dostatočná na rozpoznanie zubných výplní – išlo o úplne prvý dokumentovaný prípad diaľkového prenosu rádiologických snímok



FARMAN, Allan G. Image communication: Mailed, wired, and wireless. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2007, 103.5: 585-586.

3

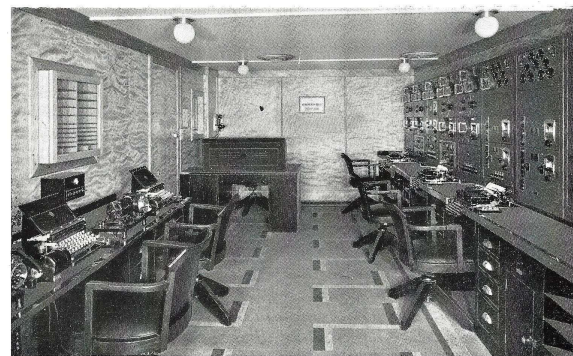
Historický vývoj telerádiológie

1930 – lekárske konzultácie na diaľku cez oceán

- Na zaoceánskom parníku *Queen Mary* využívali rádiotelefón na prijímanie a poskytovanie lekárskeho konzultácií

1950-1960 - prvá generácia klinickej telerádiológie

- Prvé pokusy o prenos rádiologických snímok cez analógové televízne systémy → zobrazenie záznamov v reálnom čase alebo formou videozáznamov



Part of the Radio Control Room on board the "QUEEN MARY" showing some of the receiving equipment.



Analógový televízny systém - technológia umožňujúca prvé diaľkové konzultácie medzi rádiológmi

Sayers, J. (2017, január 23). *The Cunard Radio Service in the 1930s*. Bodleian Libraries Blog. <https://blogs.bodleian.ox.ac.uk/tjcoll/2017/01/23/the-cunard-radio-service-in-the-1930s-guest-post-by-donor-john-sayers/>
FIELD, Marilyn J. (ed.). *Telemedicine: A guide to assessing telecommunications for health care*. 1996

4

Historický vývoj telerádiológie

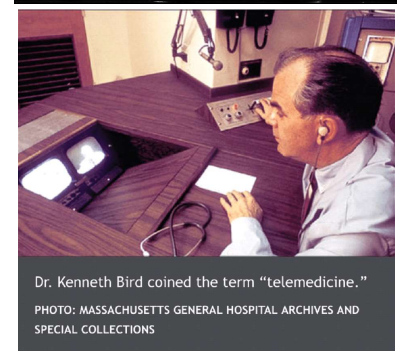
1960-1970 - začiatky digitálneho spracovania a telediagnostiky

- prvé pokusy o digitálne spracovanie rádiologických snímok → zásadný krok vpred v oblasti rádiológie a telerádiológie
- **Napriek tomu, že ešte neexistovali plne digitálne rádiologické systémy, už v tomto období sa vyvinuli základné technológie, ktoré otvorili cestu pre digitálne zobrazovanie.**

Telediagnostika: Prelomová práca doktora Kennetha T. Birda, ktorý vytvoril systém na prenos snímok cez uzavretý televízny okruh, čo umožnilo diaľkovú diagnostiku.

- poskytovanie konzultácií medzi rádiológmi a pracoviskami urgentnej zdravotnej starostlivosti
- **Napriek obmedzeniam išlo o zásadný krok, ktorý otvoril cestu pre ďalší rozvoj telerádiológie v nasledujúcich dekádach.**

<https://mgriblog.org/2023/01/23/how-traffic-and-tragedy-combined-to-launch-telemedicine-at-massachusetts-general-hospital/>
<https://www.digitalcommonwealth.org/search/commonwealth:0z70cb65f>



5

Historický vývoj telerádiológie

1970–1980 - Zavedenie princípu „store-and-forward“

- nová forma prenosu rádiologických údajov – metóda „store-and-forward“, teda „ulož a pošli“
- **základný model telerádiológie**

1990 - prvý komerčný telerádiologický systém

- **Spočiatku:** nízka kvalita obrazu, vysoké náklady, technické obmedzenia → ignorované odbornou spoločnosťou
- zlepšenie technológií a vznik štandardov → akceptovanie

1993 - norma DICOM (Digitálne zobrazovanie a komunikácia v medicíne)

- tretia verzia označená ako DICOM 3.0
- celosvetovo akceptovaný štandard zavádzaný do klinickej praxe
- základ pre to, aby si prístroje a softvéry „rozumeli“ pri výmene snímok

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acrnema1.jpg>



6

Historický vývoj telerádiológie

Začiatok 21.storočia - rozšírenie telerádiológie a globalizácia

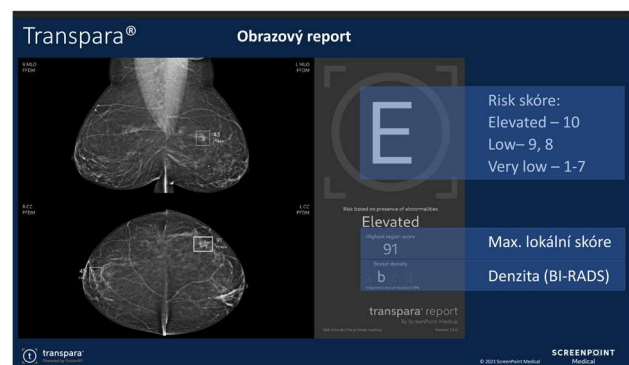
- Rýchly rozvoj internetu a digitalizácie viedol k explozívnomu rastu telerádiológie.
- Rádiologické pracoviská sa mohli vzájomne prepájať naprieč krajinami a kontinentmi.
- Bežnou sa stala práca "na diaľku" – rádiológ mohol vyhodnotiť snímku aj stovky kilometrov od pacienta.
- Vznikli súkromné telerádiologické firmy a externé služby s 24/7 prevádzkou.
- Zlepšila sa dostupnosť diagnostiky v menších a vzdialených zariadeniach.

7

Historický vývoj telerádiológie

2010-súčasnosť: Umelá inteligencia (AI) v telerádiológii

- **2010** - AI v rádiológii experimentálna, zameraná na výskum a základné algoritmy
- **2015-2016** - rozvoj hlbokého učenia (najmä konvolučných neurónových sietí), začiatok používania AI na interpretáciu RTG, CT
- **2016-2018** - prvé komerčné nástroje na báze AI, ktoré sa integrovali do telerádiológie (triedenie snímok, detekcia urgentných nálezov – pneumotorax, krvácanie,..)
- **2020** - AI je bežnou súčasťou viacerých telerádiologických platforiem (prediktívny nástroj, triáž)



AI sa učí podobne ako my – na základe skúseností

<https://www.mamo.cz/res/file/datovy-audit-prezentace/2023/05-danes-veverka.pdf>

8

Historický vývoj telerádiológie

Tieto historické míľniky ukazujú, ako telerádiológia postupne prešla od jednoduchého prenosu obrazov cez telekomunikačné siete až po sofistikované systémy podporované modernými digitálnymi technológiami a umelou inteligenciou.

9

Čo je telerádiológia dnes

Neoddeliteľná súčasť moderných zdravotníckych systémov.

Automatizovaná analýza snímok pomocou umelej inteligencie (AI).

Efektívny prenos snímok prostredníctvom digitálnych a cloudových technológií.

Zlepšuje dostupnosť rádiologických služieb v odľahlých a rozvojových oblastiach.

Pomáha pri urgentnej zdravotnej starostlivosti a 24/7 konzultáciách medzi lekármi.

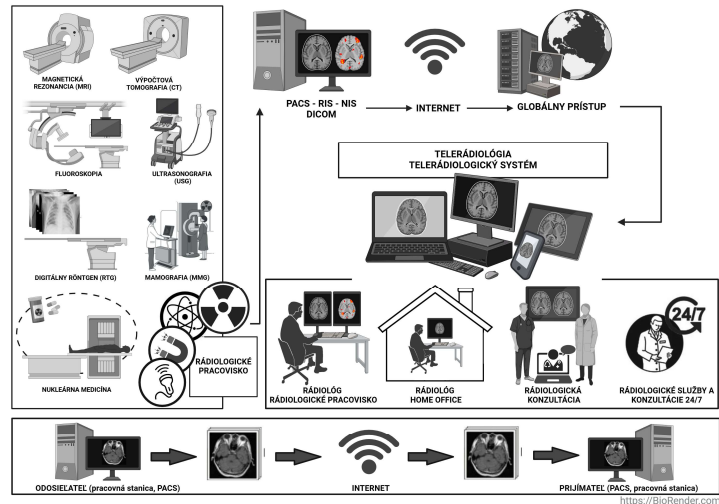
Integrácia s novými technológiami (5G) zlepšuje rýchlosť a prístupnosť.

10

Telerádiologický systém a základné komponenty telerádiológie

1. Stanica na odosielanie obrazovej dokumentácie, resp. odosielaajúca strana.
2. Prenosová sieť.
3. Stanica na prezeranie obrazovej dokumentácie, resp. prijímajúca strana.

Rádiologické snímky sú na odosielaajúcej stanici v digitálnom formáte odosielaané cez prenosovú sieť a prijímané, prezerané a ukladané na prijímajúcej stanici.



Cesta snímky od pacienta k rádiológovi – na diaľku a v reálnom čase

11

Moderné systémy v telerádiológii

PACS (Systém pre archiváciu a komunikáciu obrazov v medicíne)

- Umožňuje digitálne uchovávanie, správu a prenos rádiologických snímok v rámci zdravotníckych zariadení.

Cloudové riešenia

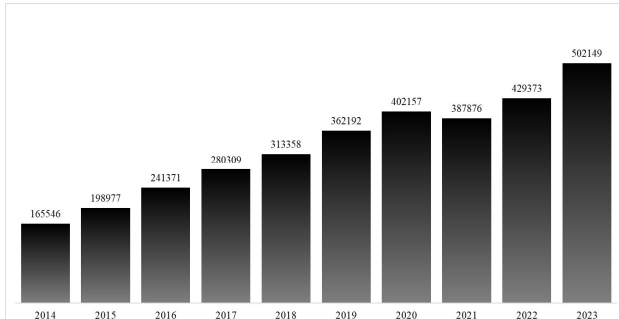
- Umožňujú bezpečné a flexibilné ukladanie a prenos rádiologických snímok. Zdravotnícki pracovníci môžu pristupovať k údajom na diaľku, čo zlepšuje dostupnosť, efektivitu a bezpečnosť. Cloudové platformy tiež znižujú náklady na infraštruktúru a podporujú integráciu s existujúcimi systémami ako PACS.

Telerádiologické komunikačné siete

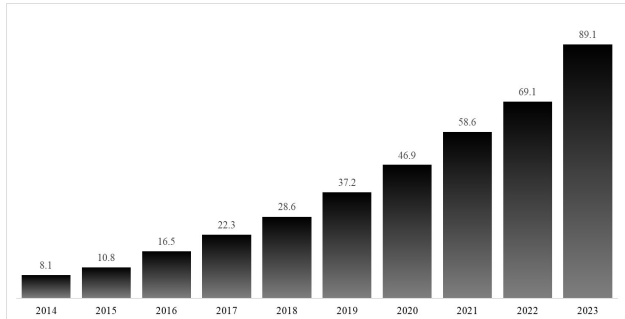
- Všetky moderné systémy v telerádiológii musia garantovať bezpečnosť prenášaných dát, aby chránili citlivé informácie pacientov. Používajú sa šifrované prenosy a autentifikácia prístupov, aby sa zabránilo neoprávnenému prístupu k údajom.
 - Virtuálna privátna sieť (VPN)
 - Telerádiologické komunikačné centrum T3C®

12

Využívanie telerádiologických prenosov v Slovenskej republike



10-ročný trend počtu prenesených vyšetrení prostredníctvom T3C® v SR



10-ročný trend preneseného objemu dát prostredníctvom T3C® v SR

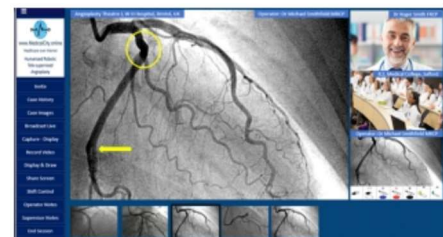
- T3C® využíva viac ako 170 zdravotníckych zariadení v SR a 200 zdravotníckych zariadení v ČR
- viac ako 800-tisíc rádiologických vyšetrení s objemom dát viac ako 80 TB ročne
- prenášané dáta sú komprimované, ich skutočný objem môže byť výrazne vyšší ako je veľkosť komprimovaného súboru → pomer medzi skutočným objemom dát a ich komprimovanou verziou môže byť veľmi veľký a variabilný (v rozmedzí 10 – 90 %), čo závisí najmä od typu prenášaných dát

13

Oblasti využitia telerádiológie

- Urgentná zdravotná starostlivosť
- Rádiologické služby na geograficky vzdialené miesta
- Odborné konzultácie a znalecké posudky externými rádiológmi alebo rádiológmi so špecializáciou

Telerádiológia zvyšuje kvalitu zdravotnej starostlivosti tým, že umožňuje rýchlejšiu a presnejšiu diagnostiku, čím sa zlepšuje efektívnosť liečby a prístup k odborným konzultáciám.



Suhail Chughtai. Power of Tele-Radiology Connecting Central Radiology Units to Peripheral Hospitals Author's View on the Role of Tele-Radiology in Modern Healthcare Systems. Journal of Pakistan Society of Internal Medicine. Vol. 03 Issue, 03 July - September 2022

14

Oblasti využítie telerádiológie

- Úloha telerádiológie v manažmente katastrof, humanitárnom úsilí a hromadných nešťastiach
 - Pandémia COVID-19
 - Obdobie vojny v Iráku, Afganistane, Sýrii

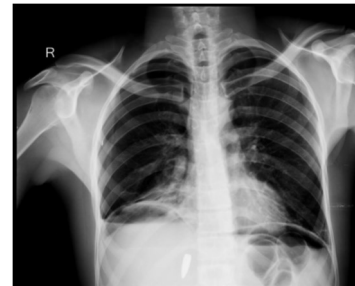
Telerádiológia pomáha udržiavať kontinuitu starostlivosti aj v oblastiach, ktoré sú postihnuté katastrofami alebo vojenskými konfliktmi.



RTG snímok hrudníka vykonaný v poľnej nemocnici



pohľad zobrazuje guľku vystupujúcu nad okcipito-parietálnu oblasť



RTG snímok hrudníka pacienta so strehým poranením

ARABI, Mohammad, et al. Practice of teleradiology in crisis zones: the unique case of Syria. *The Lancet Global Health*, 2017, 5.4: e399-e400.

15

Oblasti využítie telerádiológie

- Podpora prístupu k zdravotnej starostlivosti pacientov v krajinách s nízkym a stredným príjmom
 - Problém:** Všeobecná nemocnica Zambuk (štát Gombe) → rádiologické pracovisko → RTG snímok (konvenčná rádiológia) → nemocnica → v prípade potreby rádiologického popisu rádiológom 100 km dlhá trasa do hlavného mesta → nemocnica
 - Využitie telerádiológie v praxi:** India → 26 komunitných centier a nemocníc a pacienti vzdialení viac ako 3 000 km → cloudový systém → počas 3 rokov 78 000 štúdií, priemerný čas doručenia popisu 3,19 hod.



DB 21Y 1971 ANKLE JNT 4/19/2021
Mohanpur CHC & RHTC(AGMC), Tripura

		Teleradiology Solutions Mohanpur CHC, Tripura Radiologist Report Sheet	
Patient Name:	23Y	Medical Record Number:	mchc80
Age:	M	Location:	Inpatient
Gender:	1	Physician:	DR. V. DESAI MBBS
Image Count:	02:13	Date of Exam:	19/04/2021
Order Arrival Time:		Date of Report:	19/04/2021
Clinical History: rta			
Radiographs of the left ankle joint (AP and lateral views):			
Findings: An acute nondisplaced fracture of the lateral malleolus is seen with soft tissue swelling adjacent to it. The tibiotalar and subtalar joints are normal in configuration and alignment.			
Impression: Acute nondisplaced fracture of the lateral malleolus with adjacent soft tissue swelling.			

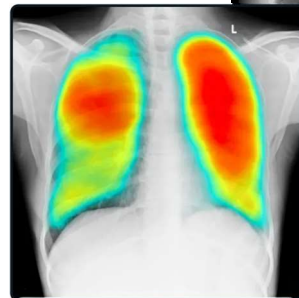
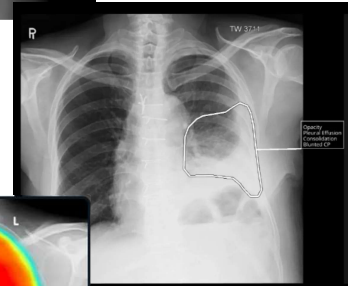
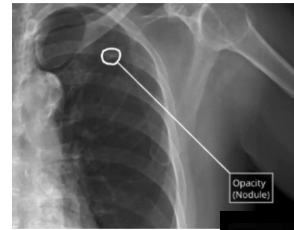
KALYANPUR, Arjun, et al. Teleradiology in Tripura: effectiveness of a telehealth model for the rural health sector. *International Journal of Health Technology and Innovation*, 2022, 1.02: 7-12.

16

Oblasti využitia telerádiológie

Umelá inteligencia v telerádiológii v praxi

- **2017** – spoločnosť Qure.ai uviedla na trh produkt qXR (AI určená na interpretáciu RTG snímok hrudníka)
- **Cieľ:** riešiť nedostatok rádiológov, najmä v oblastiach s obmedzenými zdrojmi (India a ďalšie rozvojové krajiny)
- Systém natreňovaný na viac ako 1 milión RTG snímok – umožňuje mu rozpoznať 15 najčastejších abnormalít na snímkach hrudníka s presnosťou nad 90 %
- Rýchla analýza, vizuálna podpora (tepelné mapy, ohraničujúce boxy)
- Na trhu v 32 európskych krajinách, v Indii v 24 štátoch na cca 150 miestach
- V Mumbaji bolo do 12/2022 analyzovaných viac ako 100 000 RTG snímok – 13 % prípadov TBC



<https://www.qure.ai/product/qxr>

17

Telerádiológia a umelá inteligencia, čo majú spoločné?

Revolúcia v
informačných
technológiách a
v rádiológii

Prevratné
technológie pre
precíznu
diagnostiku

Pomocný nástroj
v rádiológii

Transformácia
zdravotníctva

18

Budúcnosť telerádiológie

Napriek svojej robustnosti, evolúcia telerádiológie pokračuje, keďže nové technológie ako 5G a optické siete, cloud, virtuálna realita, umelá inteligencia a technologický vývoj zobrazovacích metód, ponúkajú ďalšie príležitosti na pokrok.

Budúcnosť telerádiológie má potenciál pre rozšírenú konektivitu, spoluprácu v reálnom čase a bezproblémovú integráciu s novými technológiami, čo v konečnom dôsledku prispieje k zlepšeniu starostlivosti o pacienta a výsledkov v rádiológii.

19



Ďakujem za pozornosť

20