

## MATERIAL DIDACTIC

**ROLUL ŞI LOCUL TOMOSINTEZEI ÎN DIAGNOSTICUL  
BOLILOR PULMONARE**

Nadejda PISARENCO, dr. în şt. med., conf. univ.

IMSP Spitalul Clinic Municipal de Ftiziopneumologie, or. Chişinău

e-mail: nadejda.pisarenco@gmail.com

**Rezumat**

Bazându-se pe analiza literaturii speciale şi a experienţei personale, sunt date definiţia metodei tomosintezei digitale, principiile tehnice, diferenţele faţă de radiografia, tomografia convenţională şi computerizată, avantajele, dezavantajele şi limitele tomosintezei digitale şi locul metodei în ftiziopneumologie. Concluzia se referă la oportunitatea utilizării tomosintezei digitale în diagnosticul bolilor pulmonare.

**Cuvinte-cheie:** tomosinteza, principii ale metodei, avantaje, dezavantaje, locul în radiodiagnosticul bolilor pulmonare.

**Summary. The role and location of digital X-ray tomosynthesis in the diagnosis of pulmonary diseases**

Based on the analysis of special literature and personal experience, the definition of the digital tomosynthesis method, technical principles, differences from radiography, conventional and computerized tomography, advantages, disadvantages and the limits of the digital tomosynthesis and the place of the method in ftiziopneumology. The conclusion relates to the appropriateness of using digital tomosynthesis in the diagnosis of pulmonary diseases.

**Key-words:** digital X-ray tomosynthesis, principles of the method, advantages, disadvantages, place in radiodiagnosis of lung diseases.

**Резюме. Роль и место томосинтеза в диагностике заболеваний легких**

На основе анализа специальной литературы и личного опыта дается определение метода цифрового томосинтеза, его физико-технические принципы, отличия от рентгенографии, конвенциональной и компьютерной томографии, указаны достоинства, недостатки и пределы цифрового томосинтеза, а также место метода во ftизиопневмологии. Сделан вывод о целесообразности применения цифрового томосинтеза в диагностике заболеваний легких.

**Ключевые слова:** томосинтез, принципы метода, достоинства, недостатки, место в рентгенодиагностике заболеваний легких.

**Introducere.** În a. 2014 la Congresul European de Radiologie ECR-2014 din Viena a fost lansată o nouă iniţiativă a Societăţii Europene de Radiologie (EOP) în domeniul asigurării siguranţei radiologice în medicină „EuroSafe Imaging”. Scopul principal al acestei iniţiative este de a asigura şi de a îmbunătăţi protecţia de radiaţie medicală în întreaga Europa printr-o abordare integrată şi cuprinzătoare [13].

Noua iniţiativă prevede, în particular, elaborarea ghidurilor naţionale pentru medicii, care trimit pacienţii la investigaţii radiologice, elaborarea nivelurilor naţionale de referinţă pentru diagnostic (naţional diagnostic reference levels), accelerarea procesului de tranziţie la radiologia digitală, înlocuind fluorografia cu radiografia digitală, şi de tranziţie la radioscopia digitală cu utilizarea regimului „puls-fluro”, crearea şi implementarea sistemelor de tomosintează cu raze X şi cone-beam computer tomografe ca o alternativă computer tomografelor cu doze mici tradiţionale, etc.

De aceea în ultimii ani intensiv s-au studiat posibilităţile obţinerii unei imagini cu raze X tridimen-

sionale cu utilizarea fasciculului conic de raze X şi detectorului matrice cu raze X. Această tehnică a fost numită tomografie liniară multistrat digitală sau tomosintează. Termenul „tomosintează” a fost propus de Grant în a. 1972 (tomos + synthesis = secţiune + plasare împreună) [5].

Metoda tomosintezei (TS) a devenit una dintre ultimele realizări tehnologice în îmbunătăţirea detectării modificărilor patologice dificil detectabile ale plămânilor şi reducerea, totodată, a expunerii la radiaţii [15].

**Scopul.** A studia rolului şi locului tomosintezei în diagnosticul bolilor pulmonare.

**Materiale şi metode.** Analiza experienţei personale, statisticile oficiale (www.statistica.md, www.who.int) şi publicaţiile ştiinţifice selectate din bazele de date medicale (MEDLINE, EMBASE etc.).

**Rezultate şi discuţii***Definiţia metodei de tomosintează*

Tomosinteza - tehnică de cercetare radiologică, care permite tubului radiogen la o singură trecere de a

achiziționa o succesiune de un număr arbitrar de straturi ale zonei de studiu, realizate la o adâncime predeterminată cu o distanță fixă între straturi. Ulterior informația obținută se digitalizează și se prelucrează, se formează o imagine. Metoda se referă la metode imagistice reconstructive și după posibilitățile de diagnosticare ocupă o poziție intermediară între radiografie și tomografia computerizată [18].

*Esența metodei de tomosinteză*

Esența metodei de tomosinteză constă în obținerea seriei de radiografii digitale sub unghiuri diferite cu un pas predeterminat la baleiajul tubului radiogen într-un diapazon unghiular limitat (de exemplu  $\pm 20^\circ$ ).

În tomosinteză cercetarea se produce în timpul deplasării sistemului mobil emițător - detector digital al imaginii cu raze X timp de o singură deplasare a tubului radiogen.

Obținerea imaginilor tuturor straturilor necesare într-o expunere în impulsuri timp de o singură deplasare a tubului - este diferența principală a tomosintezei de tomografia liniară [18].

Principiul schematic de procesare computerizată în tomosinteză prin metoda de deplasare și sumare a fost descris într-o publicație de către Gomi et al. [4]

Principiul metodei se bazează pe realizarea unei serii de expuneri de doze mici (în timpul mișcării tubului în raport cu obiectul de studiu pe un arc de cerc) și modificarea poziției în direcție opusă a dispozitivului de recepție - detectorului cu panou plat, ceea ce amintește principiul de achiziționare a imaginilor în tomografia liniară [3, 16].

În timpul executării radiografiilor cu diferite unghiuri de perspectivă organul examinat trebuie să rămână nemișcat. În acest context, prezența dispneei severe la un pacient poate fi o contraindicație relativă pentru tomosinteză.

După finalizarea filmării proiecțiilor și înregistrării lor în memorie, se produce reconstrucția straturilor cu software special (shift-and-add reconstruction). În baza algoritmilor de reconstrucție se află decalajul imaginilor proiecțiilor în spațiu în raport una cu cealaltă [3, 5].

Modificând distanța decalajului, se reconstruiește stratul la diferite adâncimi, iar structura în afara stratului reconstruit se defocalizează într-o măsură cu atât mai mare, cu cât acestea sunt mai departe de stratul reconstruit.

Uneori câteva straturi adiacente sunt mediate pentru a da o imagine mai detaliată. La un număr mare de proiecții este posibilă restaurarea imaginii volumetrică a organului investigat.

O caracteristică a reconstrucției și prelucrării ulterioare a imaginilor din seria „datelor neprelucrate” este posibilitatea de face aceasta în orice moment fără participarea pacientului, la fel ca în multistrat spirală tomografie computerizată (MSTC).

Deosebirea constă în aceea, că după primirea unei serii de imagini - „date neprelucrate” (raw-date), urmează prelucrarea lor ulterioară computerizată.

În prima etapă se folosește metoda de „deplasare și sumare”, și apoi, pentru eliminarea efectului de „estompare”, se execută algoritmi mai complecși de

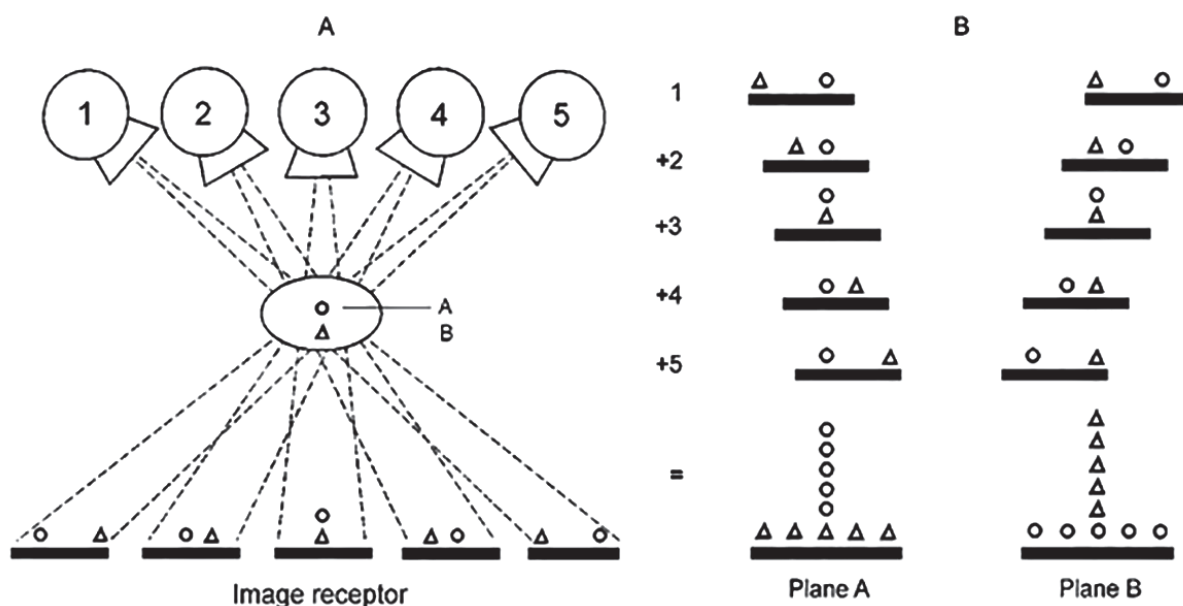


Fig. 1. Principiul shift-and-add reconstrucției<sup>[3]</sup>

(A) Cinci imagini de proiecție sau fost luate atunci când tubul X-ray a fost mutat în cinci poziții corespunzătoare. (B) Structurile din planul A sau din planul B pot fi focalizate prin schimbarea și adăugarea corespunzătoare a imaginilor de proiecție. Structurile din afara planului de focalizare sunt apoi împrăștiate pe imagine.

reconstrucție, cea mai frecvent utilizată fiind - metoda „proiecțiilor inverse filtrate” [16].

O caracteristică a reconstrucției și prelucrării ulterioare a imaginilor din seria „datelor neprelucrate” este posibilitatea de face aceasta în orice moment fără participarea pacientului, la fel ca în tomografie multispiralată computerizată (MSCT).

Intervalul de reconstrucție între straturi se expune arbitrar începând de la 0,5 mm, grosimea stratului putând varia, de asemenea, în funcție de marca și modelul concret al dispozitivului.

Instalarea pacientului în proiecție directă va permite reconstruirea secțiunilor frontale, în proiecție laterală - a secțiunilor sagitale.

*Metode de deplasare a tubului radiogen și a detectorului în raport cu pacientul în timpul tomosintezei*

Un moment important în cadrul examinării prin tomosinteză este traiectoria de mișcare a tubului de raze X și detectorului în raport cu pacientul. Din multitudinea de metode de deplasare, cunoscute în prezent, pot fi evidențiate trei principale [13]:

1. Prima metodă constă în aceea, că tubul se deplasează într-un plan paralel cu planul detectorului, totodată detectorul se poate deplasa în propriul său plan. Metoda paralelă de deplasare se folosește, de regulă, pentru tomosinteza regiunii toracice sau abdominale.

2. A doua metodă, izocentrică, de mișcare se bazează pe faptul că tubul și detectorul sunt montate rigid pe traverse și se rotesc ca un tot întreg în jurul pacientului. Metoda izocentrică de mișcare se utilizează pentru dispozitivele pe bază de C-arcuri pentru studiul craniului și a coloanei vertebrale.

3. A treia metodă, parțial izocentrică, de mișcare este o combinație a primelor două. Tubul se mișcă pe o circumferință, iar detectorul se poate deplasa în propriul său plan, sau să fie în repaus. Această metodă este folosită pe scară largă pentru tomosinteza glandei mamare.

*Tomosinteza în comparație cu tomografia liniară*

Pentru obținerea fiecărui strat (secțiune) în tomografia liniară este necesară o deplasare separată a tubului cu o expunere continuă, ceea ce se asociază cu un consum considerabil de timp și de iradiere semnificativă a pacientului. În acest caz, un calculator nu este utilizat pentru a procesa imaginea primită. Imaginea neclară, obținută cu o tomografie liniară, este cauzată de suprapunerea structurilor, situate în afara zonei de interes. Ultimele, suprapunându-se pe modificările patologice, împiedică definirea și localizarea precisă a acestora.

Din cauza neajunsurilor enumerate, precum și

datorită răspândirii largi a tomografiei computerizate și cu rezonanță magnetică, interesul pentru utilizarea tomografiei liniare a fost aproape complet pierdut.

Intervalul de reconstrucție între straturi se expune arbitrar începând de la 0,5 mm, grosimea stratului putând varia, de asemenea, în funcție de marca și modelul concret al dispozitivului.

Cu ajutorul tomosintezei poate fi achiziționat un număr nelimitat de secțiuni, amplasate la adâncimi diferite.

Toate informațiile primite sunt procesate de calculator prin metoda de deplasare a pixelilor.

O serie de expuneri de doze mici sunt prelucrate matematic într-o serie de secțiuni de grosime milimetrică, ceea ce face posibilă vizualizarea structurii țesutului.

Datorită unei suprapuneri semnificativ mai reduse a proiecțiilor țesuturilor este eliminată ambiguitatea spațială, este posibilă constatarea despre o anumită caracteristică dacă este reală sau nu [10].

Tehnologia tomosintezei îmbunătățește sensibilitatea metodei - pe imaginea rezultată se vizualizează cu înaltă precizie structurile anatomice aflate în planul secțiunii.

Sistemul este capabil să reconstituie retrospectiv imaginea în straturi multiple.

*Tomosinteza în comparație cu radiografia convențională (RC)*

La utilizarea tomosintezei pentru studierea unor nodule mici în plămâni s-a constatat, că sensibilitatea și specificitatea metodei depășește de aproximativ două ori cea în radiografia convențională [29].

*Tabelul 1*

**Sensibilitatea diferitelor metode radiologice în diagnosticul tuberculozei <sup>[17]</sup>**

Metodă	RC	Tomosinteza	MSTC
Sensibilitatea (%)	57,2	74,9	93,5

Metoda tomosintezei prezintă o doză redusă de radiație - după expunere este echivalentă cu radiografia laterală a plămânilor, de aceea este rațională utilizarea în pediatrie [11].

*Tomosinteza în comparație cu tomografia computerizată (TC)*

Goana excesivă după numărul de secțiuni în computer tomografele moderne (300 și mai multe) nu poate fi considerată justificată. Din punct de vedere diagnostic, cel mai important parametru în TC este momentul executării studiului, și deloc nu numărul de secțiuni. În acest context, se poate aștepta o extindere semnificativă a domeniului de aplicare a așa-numitelor sisteme de tomosinteză [9].

Fiind o opțiune software-hardware a sistemului radiografic, tomosinteza prezintă posibilități de realizare a investigațiilor, similare după informativitate cu tomografia computerizată, iar în cazurile prezenței structurilor metalice în corpul unui pacient - fiind net superioare la o doză de radiații mult mai redusă pentru pacient, la un cost al examinării mai redus, precum și prezentând necesități temporale mai reduse pentru investigare și pentru procesarea datelor [15].

Comparativ cu tomografia computerizată, tomosinteza prezintă o disponibilitate tehnică mai înaltă [12]. În același timp, metoda de tomosinteză este inferioară, comparativ cu MSTC, în diagnosticul afecțiunilor cutiei toracice, datorită unei vizualizări mai puțin calitative a modificărilor patologice în regiunile supradiafragmale și subpleurale și în prezența artefactelor de respirație [12, 16].

#### *Avantajele tomosintezei:*

1. Cercetarea poate fi realizată în poziție verticală, orizontală și înclinată a stativului.
2. Perioadă scurtă de realizare: cel mult 6-12 secunde.
3. Câmp vizual larg - 43 cm x 43 cm.
4. Doza primită de către pacient în timpul tomosintezei, de regulă, doar de 2-3 ori depășește doza necesară pentru o imagine obișnuită, este echivalentă cu o doză în radiografia pulmonară laterală și este net inferioară, comparativ cu doza într-un studiu similar cu computer tomograful.
5. Posibilitatea de a mări orice zonă selectată.
6. Imagini distincte și contrastante.
7. Posibilitatea de a măsura focare de diferite dimensiuni.
8. Vizualizarea sigură a nodulilor mai mici de 4 mm, ceea ce este dificil și deseori imposibil în radiografia convențională.
9. Identificarea rapidă a calcinatelor.
10. Procesarea digitală directă a imaginilor asigură un diagnostic fiabil eficient.
11. La utilizarea tomosintezei - achiziționarea instantaneu a zeci de secțiuni timp de o singură rotație a tubului cu posibilitatea reconstrucției a sute de secțiuni, și posibilitatea analizei unor regiuni anatomice extinse.

#### *Dezavantajele și limitele tomosintezei*

1. Prezența dispneei la pacient, incapacitatea pacientului (copiii, vârstnicii) de a reține respirația timp de 6-12 secunde, conduce la apariția artefactelor explicate prin respirație și mișcare, ceea ce reduce în mod semnificativ calitatea tomogramelor digitale, analiza cărora este dificilă.
2. La tomogramele digitale este posibil de evalu-

at doar contururile mediastinului. Aprecierea măririi ganglionilor limfatici intratoracici și evaluarea stării mediastinului la tomosinteză este imposibilă.

3. Dificultatea detectării modificărilor patologice, în special a celor nodulare, în zonele pulmonare supradiafragmale și subpleurale.

#### *Utilizarea tomosintezei în fiziopneumologie*

În ultimii ani inginerii au reușit să îmbunătățească și să creeze aparate cu raze X digitale cu doze mici de radiații (fluorografie) de generație nouă cu o rezoluție spațială înaltă, cu un diapazon dinamic vast și sensibilitate de contrast extrem de redusă, depășind după calitate radiografia cu film tradițională. Aceasta din urmă face posibilă nu numai detectarea, dar și diagnosticarea patologiei în stadiile incipiente de dezvoltare. În cazul, în care modificările identificate, datorită sumării opacităților pe radiograme, nu se diferențiază în mod clar, este necesară precizarea lor. Pentru aceasta se folosește MSCT și tomosinteza [18].

Aplicarea tomosintezei în diagnosticul diferitor forme de tuberculoză pulmonară extinde posibilitățile metodei radiografice tradiționale - sporește informativitatea modificărilor detectate prin examenul radiografic, reduce durata investigației, deoarece complexul total de investigații tradiționale moderne (radioscopia, radiografia și tomosinteza) în caz de necesitate se realizează practic instantaneu [17].

La investigarea organelor cutiei toracice, în baza unor sarcini concrete de diagnostic, pot fi reconstruite de la câteva zeci până la câteva sute de imagini stratificate.

*Tabelul 2*

#### **Depășirea eficacității tomosintezei în comparație cu radiografia digitală**

<b>Tipuri leziuni bronhopulmonare</b>	<b>+ Δ %</b>
Noduli pulmonari	27,4
Consolidare pulmonară	0
Cavitățile distructive	24,4
Bronșiectaziile	33,1
Atelectazie pulmonară segmentară/lobulară	12,1/50,3
Chisturi pulmonare	27,0
Benzile parenchimotoase pulmonare	13,1
Îngroșări pleurale	11,2
Efuziune pleurală	0

Utilizarea tomosintezei în identificarea diagnosticului de tuberculoză pulmonară și extra-pulmonară (tuberculoza ganglionilor limfatici intratoracici),



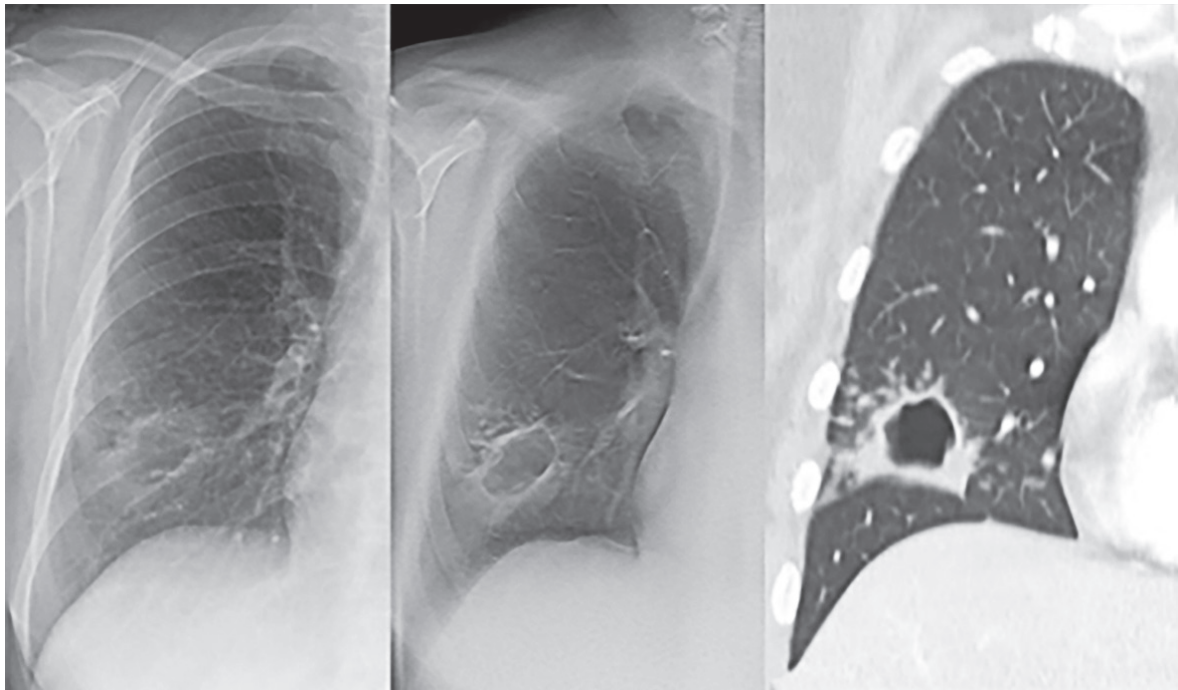


Fig. 2. Leziune cavitară în lobul inf. plămânului drept cu noduli periferici RC (stânga), TS (mijloc) și TC (dreapta) la pacientul cu TB pulmonară [1]

alte forme) permite în majoritatea cazurilor definirea exactă a conturilor formațiunii patologice, a dimensiunilor, structurii ei și face posibilă evaluarea relației reciproce cu țesuturile adiacente.

Analiza cailor respiratorii prin metoda de tomosinteză, inclusiv pe fondul mediastinului (traheei, bronhiilor principale), evaluarea lumenului și pereților lor - depășește în mod semnificativ capacitățile radiografiei [17].

Particularitate a vizualizării imaginilor, obținute prin tomosinteză, este o reprezentare stratificată a zonei anatomice selectate, însă, în comparație cu MSCT, cu o rezoluție și o sensibilitate de contrast mai reduse.

Datele privind utilizarea tomosintezei în mare măsură completează diagnosticul tuberculozei pulmonare în limitele metodei radiologice tradiționale în rezultatul unei vizualizări stratificate și mai detaliate a structurilor patologice.

### Concluzii

În medicina modernă metodele de diagnostic cu raze X se utilizează pe larg în numeroase domenii și direcții, cum ar fi screeningul, diagnosticul, precizarea caracterului modificărilor organelor interne. Unul dintre cele mai importante locuri în diagnosticul cu raze X le revine metodelor, bazate pe radiațiile cu razele X: această este diagnosticarea cu raze X și tomografia computerizată. Aceste metode, bazele teoretice ale cărora și-au găsit realizarea sa tehnică în medicină, au fost implementate rapid în practica zilnică a specialiștilor.

Dar există modalități de investigație, bazele teoretice ale cărora au fost înaintate cu mult înainte de acel moment, în care a apărut posibilitatea tehnică de realizare a lor. Și acum ele treptat se implementează în activitatea practică a radiologilor, completând metodele de investigare cunoscute și în multe permit de a face procesul de diagnostic mai precis, mai rapid și mai calitativ.

În ultimii ani spitalele au început să primească aparate cu raze X digitale la trei posturi de lucru, care permit realizarea nu numai a radiografiei și radioscopiei, dar și a tomosintezei - metodei de vizualizare stratificată a regiunii anatomice selectate.

Tomosinteza - un gen de tomografie digitală, care reprezintă o metodă de vizualizare medicală, capabilă să reconstituie planul secțiunii frontale de o înălțime arbitrară dintr-o unică scanare tomografică.

Ocupând o poziție intermediară în șirul de diagnosticare între radiografie și tomografia computerizată, tomosinteza liniară digitală poate fi considerată o alternativă acestor metode.

Fiind o opțiune software-hardware a sistemului radiografic, tomosinteza prezintă posibilități de realizare a investigațiilor, similare după informativitate cu tomografia computerizată, iar în cazurile prezenței structurilor metalice în corpul unui pacient - fiind net superioare la o doză de radiații mult mai redusă pentru pacient, la un cost al examinării mai redus, precum și prezentând necesități temporale mai reduse pentru investigare și pentru procesarea datelor.

În prezent se lucrează pentru a îmbunătăți eficiența metodei și a extinde numărul de afecțiuni disponibile pentru diagnosticul prin tomografia liniară multistrat digitală (tomosinteză).

### Bibliografie

1. Battezzati G., Gollini P., Rahnama S., Cortese G. *Use of digital tomosynthesis in pulmonary mycobacterial disease: a preliminary experience*. ESTI 2012 meeting, June 22-24, in London / E-0112.
2. Bushberg JT, Siebert JA, Leidholdt EM, Boone JM. *The essential physics of medical imaging*. 2nd ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
3. Dobbins JT, McAdams HP. *Chest Tomosynthesis: Technical Principles and Clinical Update*. Eur J Radiol. 2009 November; 72(2):244-251.
4. Gomi T., Hirano H., Nakajima M., Umeda T. *X-ray digital linear tomosynthesis imaging*. J. Biomedical Science and Engineering 2011;4:443-453.
5. Grant DG. *Tomosynthesis: a three dimensional radiographic imaging technique*. IEEE Trans. Biomed. Eng., 1972 BME-19:20-28.
6. Kolokytha Selina. *LabVIEW Helps Secure Airports by Facilitating On-Belt Tomosynthesis Baggage Screening*. <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-16261#>.
7. Pisarenco Nadejda. *Tomosinteza digitală în diagnosticul și monitorizarea tuberculozei organelor respiratorii*. The Moldovan Medical Journal 2018, Vol. 61, p. 84.
8. Sabol John M., Myung Jin Chung, Geewon Lee, Won-Jung Koh, Kyung Soo Lee. *Digital Tomosynthesis of Chest: Serial Radiographic Response in Patients with Pulmonary Tuberculosis*. Korean J Radiol. 2013 May-Jun; 14(3):525-531.
9. Zhang J., Yang G., Lee Yueh Z. Cheng Yuan, Gao B., Qiu Q., Lu J. P., Zhou O. *A multi-beam X-ray imaging system based on carbon nanotube field emitters*. Proc. SPIE 6142, Medical Imaging 2006.
10. Блинов А.Б., Блинов Н.Н. *Улучшение качества рентгеновского изображения за счет фильтрации рассеянного излучения*. Медицинская техника 2013, №5, с. 9-12.
11. Боголепова Н.Н., Ростовцев М.В. *Использование томосинтеза в детском лечебном учреждении*. Педиатрический вестник Южного Урала. Выпуск №2, 2013, с. 49-56.
12. Боголепова Н.Н., Ростовцев М.В. *Опыт использования томосинтеза в детском лечебном учреждении*. Медицинская визуализация 2010, №2, с. 67-72.
13. Васильев А.Ю., Нечаев В.А. *Томосинтез в диагностике заболеваний органов грудной клетки (обзор литературы)*. Радиология-Практика 2016. №1 (55), с. 59-67.
14. Гуржиев С.Н., Новиков В.П., Соколов С.Н. *Оценка возможностей томосинтеза на рентгенографическом аппарате „ПроГраф-7000”*. Медицинская техника 2013. № 6 (270), с. 34-40.
15. Коваленко Ю.Н. *Об участии ассоциации радиологов Украины в новой европейской инициативе по радиационной безопасности в медицине „Eurosafte Imaging”*. Радиологічний вісник 2015, №1-2 (54-55), с. 3.
16. Левитов А.А. Краснюк В.И. Дога В.И. *Цифровой линейный томосинтез: новые возможности лучевой диагностики*. Медицинская радиология и радиационная безопасность 2014, №3, с. 32-38.
17. Нечаев В.А., Бажин А.В., Новоселова Е.В. *Применение томосинтеза в диагностике заболеваний органов грудной клетки*. Радиология-практика 2015. №5. С.14-21.
18. Никитин М.М. *Возможности цифрового томосинтеза в диагностике различных форм туберкулеза легких*. Russian Electronic Journal of Radiology (REJR) 2016, №6(1), с. 35-47.
19. Никитин М.М., Ратобильский Г.В. *Современные рентгенологические методы в выявлении и дифференциальной диагностике туберкулеза различных органов и систем*. Поликлиника 2014, №3, с. 33-35.
20. Новые возможности лучевой диагностики новообразований. Вестник онкологии Воронежской области №1(4), март 2016, с. 4.
21. Писаренко Н. К. *Цифровой томосинтез в диагностике и мониторинге туберкулеза легких*. Сборник трудов XXVIII Национального конгресса по болезням органов дыхания. Под. ред. акад. А. Г. Чучалина. М.: ДизайнПресс, 2018. № 105, с. 87-66.