

Safarova R.S.

Buxoro davlat tibbiyot instituti, assistent o'qituvchi

**UZI DATCHIK TANLASH: CHASTOTA VA REZOLYUTSIYA–
PENETRATSIYA MUVOZANATI**

Annotatsiya. *Ushbu mavzuda ultratovush diagnostikasida qo'llaniladigan datchiklar (transduserlar) turlari — linear, konveks (curvilinear) va sektor (phased array) datchiklarning konstruktiv-xususiyatlari, tasvir maydoni (FOV) va amaliy qo'llanish sohalari yoritiladi. Datchik tanlashda oyna (acoustic window), tekshirilayotgan tuzilmaning chuqurligi, bemorning tana tuzilishi, kerakli fazoviy rezolyutsiya, Doppler rejimlariga ehtiyoj hamda kontakt yuzasi ("footprint") kabi mezonlar asosiy omil ekani ko'rsatiladi. Shuningdek, datchik chastotasini tanlashda yuzaga keladigan penetratsiya–rezolyutsiya kompromissi tushuntiriladi: yuqori chastota axial/lateral rezolyutsiyani oshiradi, ammo to'qimada so'nish kuchaygani sabab chuqur joylashgan tuzilmalarni ko'rish yomonlashadi; past chastota esa chuqur penetratsiyani ta'minlaydi, lekin tasvir detali kamayadi. Mavzu klinik misollar (qorin bo'shlig'i, yurak, akusherlik, yuzaki a'zolar, tomirlar) orqali datchik va chastotani tez va to'g'ri tanlash ko'nikmasini shakllantirishga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar. *Ultratovush diagnostikasi; transduser; linear datchik; konveks (curvilinear) datchik; sektor (phased array) datchik; chastota (MHz); penetratsiya; fazoviy rezolyutsiya; akustik oyna; footprint; FOV (ko'rish maydoni); Doppler rejimlari; attenuation (so'nish).*

Safarova R.S.

Bukhara State Medical Institute, Assistant Lecturer

**ULTRASOUND PROBE SELECTION: FREQUENCY AND THE
RESOLUTION–PENETRATION TRADE-OFF**

Abstract. *This topic discusses the types of probes (transducers) used in ultrasound diagnostics—linear, convex (curvilinear), and sector (phased array)—highlighting their structural features, field of view (FOV), and practical areas of application. It demonstrates that key criteria for probe selection include the acoustic window, the depth of the structure being examined, the patient's body habitus, the required spatial resolution, the need for Doppler modes, and the probe's contact surface ("footprint"). In addition, the penetration–resolution trade-off involved in selecting transducer frequency is explained: higher frequency improves axial and lateral resolution, but visualization of deeper structures worsens due to increased tissue attenuation; lower frequency provides greater penetration, but image detail decreases. Through clinical examples (abdomen, heart, obstetrics, superficial organs, and vessels), the topic aims to develop the skill of quickly and correctly choosing the appropriate probe and frequency.*

Keywords. *UZI diagnostics; transducer; linear probe; convex (curvilinear) probe; sector (phased array) probe; frequency (MHz); penetration; spatial resolution; acoustic window; footprint; FOV (field of view); Doppler modes; attenuation.*

Kirish. Ultratovush tekshiruvining diagnostik aniqligi ko'p jihatdan to'g'ri transduser (datchik) tanlash, uning ish chastotasi va geometrik xususiyatlarini klinik vazifaga moslashtirish bilan belgilanadi. Amaliyotda "bitta universal datchik" deyarli uchramaydi: tekshiruv sifati tekshirilayotgan anatomik tuzilmaning chuqurligi, akustik oyna (masalan, qovurg'a oralig'i, qorin devori, havo bilan to'yingan to'qima), ko'rish maydoni shakli (FOV), kerakli fazoviy rezolyutsiya, shuningdek Doppler rejimlari (rangli, spektral, CW/PW)ga ehtiyoj kabi omillarga bog'liq. Shu bois transduser tanlovi ultratovush apparatini "tugma (knobology) bilan sozlash"dan ham oldin turadigan asosiy bosqich sanaladi [1,2].

1) Transduser geometriyasi va tasvir maydoni: uch asosiy tur

Transduserlarni klinik amaliyotda ko‘pincha uch katta guruhga ajratish mumkin: linear array, curvilinear/convex array va sector/phased array. Ularning farqi nafaqat tashqi ko‘rinish, balki nurlarni shakllantirish (beamforming), ko‘rish maydoni va rezolyutsiya taqsimoti bilan ham belgilanadi.

A) Linear array (linear transducer) Linear transducer elementlari tekis chiziq bo‘ylab joylashadi. Nurlar odatda parallelga yaqin shakllanadi va ekranda to‘g‘ri to‘rtburchak (rectangular) yoki deyarli to‘rtburchak ko‘rinishdagi tasvir hosil bo‘ladi. Linear datchiklarning asosiy afzalligi — yuqori chastotalarda ishlash imkoniyati va natijada yuqori rezolyutsiya (ayniqsa yuzaki qatlamlarda). Bunda rezolyutsiya ko‘pincha bir tekis (uniform) bo‘ladi, chunki tasvir maydoni “to‘g‘ri” shaklda va yaqin zonada ham signal yetarlicha boshqariladi [1].

B) Curvilinear/Convex array (konveks transducer). Konveks (curvilinear) transduserning kontakt yuzasi egri bo‘ladi. Shu sabab nurlar tarqalishi bilan ekranda tasvir maydoni odatda fan-simon (kengayib boruvchi) ko‘rinishda bo‘ladi. Konveks transduserlar ko‘pincha linear datchiklarga nisbatan pastroq chastota diapazonida ishlaydi va shuning uchun chuqur joylashgan tuzilmalarni ko‘rishda samarali [1].

C) Sector / Phased array (sektor, phased-array transducer). Sektor (phased array) transduserlar odatda kichik footprint (kichik kontakt maydoni)ga ega bo‘ladi. Elementlar faza/vaqt bo‘yicha boshqariladi, nurlar “buriladi” (beam steering) va ekranda fan/pie-simon (sektor) tasvir hosil qiladi. Bu tur datchiklar tor akustik oynalar (masalan, qovurg‘alar oralig‘i) orqali chuqur tasvir olishda ayniqsa foydali [1].

2) Chastota tanlash: penetratsiya–rezolyutsiya kompromissining fizik mohiyati

Transduser tanlashdagi eng asosiy qoida — rezolyutsiya va penetratsiya o‘rtasidagi klassik kompromissdir:

- Chastota oshsa → to‘lqin uzunligi (λ) qisqaradi → rezolyutsiya yaxshilanadi.
- Lekin to‘qimada yutilish/so‘nish (attenuation) ortadi → penetratsiya kamayadi.

Bu prinsip ultratovush instrumentatsiyasining “klassik trade-off”i sifatida keng tan olingan [3].

Rezolyutsiya turlari va chastota bilan bog‘liqlik

Rezolyutsiya bir necha komponentdan iborat:

- Axial rezolyutsiya (chuqurlik bo‘yicha ajratish): impuls uzunligi va to‘lqin uzunligiga bog‘liq; yuqori chastota odatda axial rezolyutsiyani yaxshilaydi.
- Lateral rezolyutsiya (yonlama ajratish): nur kengligi, fokus va line density bilan bog‘liq; yuqori chastota va to‘g‘ri fokus lateral rezolyutsiyani ham yaxshilaydi.
- Elevational (slice thickness) rezolyutsiya: transduser konstruksiyasi va fokuslash bilan bog‘liq.

Attenuation (so‘nish) nega chastota oshganda kuchayadi?

To‘qimalarda ultratovush energiyasi yutilish va sochilish orqali kamayadi. Ko‘p biologik to‘qimalarda attenuation chastotaga taxminan proportsional bo‘lib, MHz oshishi bilan signalning chuqur qatlamlarda yetib borishi qiyinlashadi. Natijada:

- chuqur organlarda ekodatchik “shovqin” (noise) fonida qoladi,
- signal–shovqin nisbat (SNR) pasayadi,
- diagnostik detal yo‘qoladi (O’Brien, 2006).

3) Amaliy tanlash mezonlari: “qaysi datchik qachon?”

Quyida real amaliyotda tez-tez ishlatiladigan tanlash mezonlari keltiriladi [1].

(1) Maqsad tuzilmaning chuqurligi

- Sayoz (teri osti, yuzaki tomir, mushak) → ko‘pincha linear, yuqori MHz.
- Chuqur (qorin bo‘shlig‘i organlari, homila) → ko‘pincha konveks, pastroq MHz.
- Tor akustik oyna (qovurg‘a oralig‘i, yurak) → ko‘pincha sector/phased array.

(2) Ko‘rish maydoni (FOV) va footprint

- Keng kontakt maydoni mumkin bo‘lsa: linear yoki konveks qulay.

- Tor “oyna” kerak bo‘lsa: sector (small footprint) ustun (EFSUMB, 2020).

(3) Detal talab darajasi

- Kichik detalni ajratish (masalan, yuzaki patologiya) uchun yuqori chastota maqsadga muvofiq, chunki qisqa to‘lqin uzunligi kichik strukturalarni ajratishni osonlashtiradi [3].

4) “Tezkor algoritm”: tekshiruv boshida qanday tanlash kerak?

Quyidagi algoritm amaliyotda tez va xavfsiz ishlaydi [1,2]:

1. Maqsad organi va taxminiy chuqurlikni belgilang. Masalan: “qorin bo‘shlig‘i chuqur”, “tomir yuzaki”, “yurak — tor oyna”.
2. Avval penetratsiyasi yaxshi bo‘lgan (odatda pastroq MHz) probedan boshlang. Chuqur tasvir olingach, kerak bo‘lsa “targeted” rejimda yuqori MHz ga o‘ting.
3. Qurilmani chuqurlik yetadigan eng yuqori MHzga sozlang. Bu AIUM tavsiya qiladigan “highest clinically appropriate frequency” tamoyiliga mos keladi [2].
4. Doppler kerak bo‘lsa, B-mode’dan keyin Doppler sozlamalarini optimallashtiring. Chunki Doppler rejimlari (rangli/spektral) sezgirligi va artefaktlari B-mode’dan farq qiladi [4].

Xulosa

Transduser tanlovi ultratovush diagnostikasining “kalit” bosqichi bo‘lib, u tekshiruvning ko‘rish geometriyasi (FOV, footprint, nurlarni yo‘naltirish) va chastota tanlovi (rezolyutsiya–penetratsiya kompromissi)ni belgilaydi. Linear transduserlar yuzaki yuqori detallarga, konveks transduserlar chuqur organlarga, sector/phased array transduserlar esa tor akustik oynalarda (xususan echokardiografiyada) samarali. Chastota oshishi rezolyutsiyani yaxshilasa-da, attenuation ortishi sabab penetratsiya cheklanadi; shu bois klinik amaliyotda “chuqurlik yetadigan eng yuqori MHz” tamoyili qo‘llanadi [1-4]

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Lim AKP, Moran CM, Dietrich CF. Ultrasound “Knobology”. *EFSUMB Course Book*, 2nd Edition, 2020.

2. AIUM. Practice Parameter for the Performance of Point-of-Care Ultrasound Examinations. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 2019.
3. O'Brien WD Jr. Ultrasound–biophysics mechanisms. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2006. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.010
4. Zander D, Hüske S, Hoffmann B, et al. Ultrasound Image Optimization (“Knobology”): B-Mode. *Ultrasound International Open*, 2020.