

Szegedi Tudományegyetem
Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar
Klinikai Orvostudományi Doktori Iskola

A SUBURETHRALIS SZÖVETEK BIOMECHANIKAI
TULAJDONSÁGAINAK FUNKCIONÁLIS
VIZSGÁLATA STANDARDIZÁLT STRAIN
(DEFORMÁCIÓS) ELASZTOGRÁFIÁVAL STRESSZ
INKONTINENCIÁBAN SZENVEDŐ NŐK KÖRÉBEN

PhD Tézisfüzet

Csákány Lóránt, M.D.

Témavezetők

Pásztor Norbert, M.D., PhD, habil.

Prof. Németh Gábor, M.D., PhD, habil.

Szeged

2026

PUBLIKÁCIÓK

Csákány L, Kozinszky Z, Kovács F, Krajczár S, Várbíró Sz, Keresztúri A, Németh G, Surányi A, Pásztor N. *Evaluation of Suburethral Tissue Elasticity Using Strain Elastography in Women with Stress Urinary Incontinence*. JCM. 2025 Aug 8;14(16):5617.

doi:10.3390/jcm14165617

Eredeti közlemény

SJR: Q1; IF: 2.9

Csákány L, Surányi A, Kovács F, Várbíró Sz, Németh G, Keresztúri A, Pásztor N. *Strain Elastography in Urogynecology: Functional Imaging in Stress Urinary Incontinence*. Women. 2025 Dec;5(4):48.

doi:10.3390/women5040048

Összefoglaló közlemény

IF: 1.6

Csákány L, Pásztor N, Németh G, Várbíró Sz, Surányi A. *Identifying Weak Points of the Pelvic Floor by Sonoelastography in Stress Urinary Incontinence. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 64(Suppl. 1): 97–98 (2024). doi: 10.1002/uog.27990

Konferencia absztrakt

Σ IF: 4.5

1. BEVEZETÉS

A stressz inkontinencia (SUI) a medencefenék egyik leggyakoribb funkcionális zavara, amely jelentős életminőség-romlással jár az érintett nők körében. Definíció szerint a SUI fizikai terhelés, köhögés vagy tüszentés során fellépő akaratlan vizeletvesztés, amely a húgycső zárómechanizmusának elégtelenségét jelzi a fokozott hasúri nyomással szemben. A SUI-t egyre inkább a medencefenék támasztórendszerének funkcionális zavaraként értelmezik, nem pedig izolált húgycső-diszfunkcióként. A kontinencia fenntartása a kötőszövetek, a medencefenéki izmok és a neurális szabályozás összehangolt működésén alapul. A periurethralis szövetek szerkezeti változásai – amelyeket szülés, életkorral összefüggő folyamatok, hormonális hatások és krónikus mechanikai terhelés okozhatnak – csökkenthetik a szöveti merevséget és rontják a suburethralis támaszt. A kontinencia dinamikus biomechanikai folyamatként értelmezhető. DeLancey „hammock” hipotézise szerint a húgycső záródása egy intakt suburethralis támasztórétegen alapul, amelyben a középső húgycsőszakasz kulcsszerepet játszik. A

hagyományos ultrahang elsősorban anatómiai struktúrákat ábrázol, és nem alkalmas a szöveti biomechanika közvetlen értékelésére, míg az elasztográfia lehetővé teszi a szöveti merevség in vivo funkcionális vizsgálatát. A strain (deformációs) elasztográfia (SE) a szöveti deformáció alapján kvalitatív és félkvantitatív, relatív merevségi információt nyújt, míg a shear wave (nyíróhullám) elasztográfia (SWE) a szöveti merevséget kvantitatívan határozza meg, nyíróhullám-terjedési sebesség (m/s) vagy a Young-modulusból számított érték (kPa) formájában.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A tanulmány célja az introitalis SE megvalósíthatóságának, reprodukálhatóságának és diagnosztikai értékének vizsgálata volt SUI-ban szenvedő nők suburethralis szöveteinek in vivo funkcionális értékelésében.

A disszertáció két egymást kiegészítő részből épül fel:

I. Prospektív obszervációs kohorszvizsgálat: SUI-ban szenvedő nők és kontinens kontrollok összehasonlítása standardizált introitalis SE alkalmazásával, előre

meghatározott mérési régiókkal (ROI) és belső referenciaszövet-alapú normalizálással.

II. Strukturált irodalmi áttekintés: az elasztográfia szerepe SUI-val társuló medencefenéki zavarokban a nemzetközi szakirodalom alapján.

Specifikus célkitűzések:

1. **Protokollfejlesztés:** standardizált és reprodukálható SE mérési protokoll kidolgozása.
2. **Biomechanikai jellemzés:** a suburethralis régió szintspecifikus vizsgálata a belső húgycsőnyílás (IUO = internal urethral orifice), a középső húgycsőszakasz (MU = midurethra) és a külső húgycsőnyílás (EUO = external urethral orifice) szintjén.
3. **Diagnosztikai értékelés:** a SE paraméterek diagnosztikai teljesítményének meghatározása ROC-görbe analízissel, valamint a leginformatívabb suburethralis régió azonosítása.
4. **Mérési megbízhatóság:** a reprodukálhatóság értékelése intraklassz korrelációs együtthatóval (ICC) és Cronbach- α segítségével.
5. **Irodalmi szintézis:** az elasztográfia SUI-ban történő alkalmazásának szakirodalmi áttekintése.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

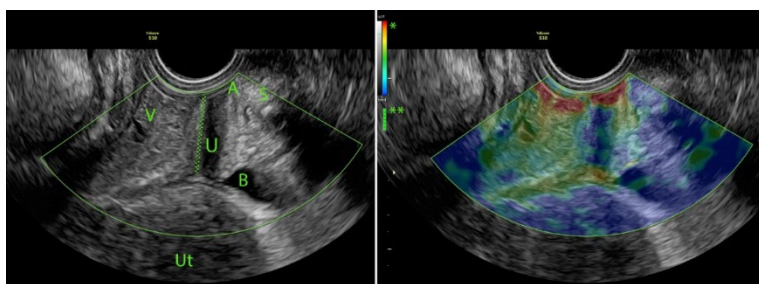
3.1. Prospektív kohorszvizsgálat

Prospektív obszervációs kohorszvizsgálatot végeztünk 2024. augusztus 16. és 2025. január 1. között a Szegedi Tudományegyetem Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar Szülészeti és Nőgyógyászati Klinikáján. 20, klinikailag igazolt SUI-ban szenvedő nőt hasonlítottunk össze 20 kontinens kontrollal. Beválasztási kritérium volt a ≥ 35 év életkor és a pozitív köhögési stresszteszt. A kontrollcsoport panaszmentes, negatív köhögési stressztesztű nőkből állt. Kizárási kritériumok: kismedencei szervsüllyedés, kevert inkontinencia, korábbi kismedencei műtét, emelkedett reziduális vizelet, terhesség, aktív fertőzés, malignitás, kötőszöveti betegség, valamint nem megfelelő ultrahang-képminőség. A mintaszám-becslés (G*Power; Cohen $d = 0,7$; $\alpha = 0,05$; erő = 80%) alapján csoportonként 20 fő bevonása volt szükséges.

3.1.1. Strain (deformációs) elasztográfiás protokoll

A suburethralis szövetek relatív merevségének vizsgálatára SE-t alkalmaztunk. A módszer kontrollált

kompresszió során létrejövő szöveti deformáción alapul: az alacsonyabb merevségű szövetek nagyobb mértékben deformálódnak. Az introitalis ultrahangvizsgálat során a transzducert az EUO szintjében, a test hossz tengelyével párhuzamosan helyeztük el. A vizsgálat hanyatt fekvő helyzetben, abductált csípőkkel és enyhén flexiós térdekkel történt. Midsagittalis B-módú képeket rögzítettünk nyugalomban és Valsalva-manőver során oly módon, hogy egyidejűleg ábrázolódjon a húgycső, a hólyagnyak, a symphysis pubis és az elülső hüvelyfal. A színekódolt elasztogramokat valós időben vetítettük rá a B-módú képekre, lehetővé téve az anatómiai és funkcionális információk közvetlen összehasonlítását (**1. ábra**).



1. ábra. Introitalis B-módú ultrahangkép (bal) és a hozzá tartozó strain (deformációs) elasztográfiás kép (jobb). A szöveti merevség színekódolt skálán jelenik meg (piros/sárga = lágyabb, kék/zöld = merevebb).

Jelmagyarázat: V: vagina; A: periurethralis zsírszövet; S: symphysis pubis; U: urethra; szaggatott vonal: suburethralis

támasztóréteg; B: húgyhólyag; Ut: uterus; *: a szöveti merevséget jelző színskála (lágyság → merevség); **: deformációs indikátor (strain indicator)

Ultraszónuskészülék: GE Voluson S10 (BT18) készülék, RIC5-9A-RS transzvaginális transzducer (GE HealthCare, Ausztria).

A hólyagnyak süllyedését a symphysis inferoposterior pereméhez viszonyítva mértük, húgycső-hypermobilitást >10 mm-es elmozdulás esetén definiáltunk. A szöveti deformációt a kompresszió előtti és utáni ultrahangos mintázat (speckle-mintázat) változásának elemzésével határoztuk meg. A kompresszió minőségét a készülék hatfokozatú deformációs indikátora folyamatosan monitorozta.

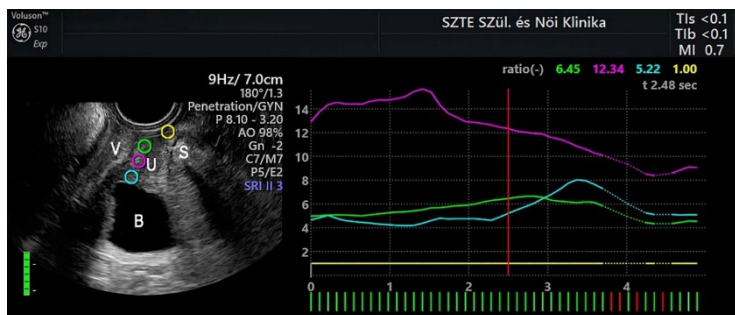
3.1.2. Mérési régiók (ROI-k)

A ROI-kat jól azonosítható és reprodukálható anatómiai pontok alapján definiáltuk a suburethralis szövetek standardizált, szintspecifikus értékelése céljából (**2. ábra**):

- **Sárga ROI:** periurethralis zsírszövet, belső referencia a deformációs értékek normalizálásához
- **Kék ROI:** a belső húgycsőnyílás (IUO) szintje, proximális suburethralis régió a hólyagnyak magasságában

- **Lila ROI:** a középső húgycsőszakasz (MU), biomechanikailag kulcsfontosságú suburethralis támasztórégió
- **Zöld ROI:** a külső húgycsőnyílás (EUO) szintje, distalis suburethralis régió

ROI-nként öt mérést végeztünk, és az elemzéshez a maximális deformációs értéket használtuk fel.



2. ábra. A strain (deformációs) elasztográfiás mérési régiók (ROI-k) anatómiai elhelyezkedése.

Jelmagyarázat: V: vagina; U: urethra; B: húgyhólyag; S: symphysis pubis. A kék ROI a suburethralis szöveteket jelöli a belső húgycsőnyílás (IUO) szintjén. A lila ROI az endopelvicus fasciát jelöli a midurethra (MU) szintjén. A zöld ROI a külső húgycsőnyílás (EUO) közelében elhelyezkedő suburethralis szöveteket jelöli. A sárga ROI a periurethralis zsírszövetet jelöli az EUO és a symphysis pubis között, amely a deformációs értékek normalizálásához belső referencia-régióként szolgál.

A deformáció-ide (strain-time) görbe a mérési folyamatot szemlélteti, a függőleges piros vonal a deformációs arány (strain ratio) számításához kiválasztott időpontot jelöli.

3.1.2. Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzéseket az R szoftverrel (4.2.1 verzió) végeztük. A folytonos változókat átlag $\pm$ szórás (SD), a kategorikus változókat százalékos formában adtuk meg. A csoportok közötti különbségeket χ^2 -próbával, kétmintás t-próbával vagy Wilcoxon-próbával értékeltük, az adatok jellegének megfelelően. A ROI-k közötti különbségek vizsgálatára többváltozós varianciaanalízist (MANOVA) alkalmaztunk, életkorra és testtömegindexre (BMI) korrigálva. A mérési megbízhatóságot ICC és Cronbach- α segítségével értékeltük, míg a diagnosztikai teljesítményt ROC-görbe analízissel határoztuk meg. A $p < 0,05$ értéket tekintettük statisztikailag szignifikánsnak.

3.2. A strukturált irodalmi áttekintés módszertana

Strukturált kvalitatív irodalmi áttekintést végeztünk a SE alkalmazásának értékelésére SUI-ban szenvedő nők esetében, különös tekintettel a diagnosztikai teljesítményre, a módszertanra és a biomechanikai értelmezésre. Szisztematikus irodalomkeresést végeztünk a PubMed adatbázisban (2000. január – 2025. október) előre meghatározott kulcsszavakkal („strain elastography”

AND „female stress urinary incontinence”; „stress incontinence” AND „elastography”). A keresést angol nyelvű, lektorált közleményekre korlátoztuk. Azokat a vizsgálatokat vontuk be, amelyek felnőtt nőkben a periurethralis vagy a medencefenéki szövetek elasztikus tulajdonságait értékelték. A SE vizsgálatok alacsony száma és a jelentős módszertani heterogenitás miatt kvantitatív szintézis nem volt kivitelezhető, ezért az eredményeket kvalitatív módon értelmeztük. A módszertani kontextus bővítése érdekében releváns SWE tanulmányokat és nemzetközi irányelveket is figyelembe vettünk.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A prospektív kohorszvizsgálat eredményei

Összesen 40 nőt vontunk be a vizsgálatba (20 SUI, 20 kontroll). A testtömeg és a BMI magasabb volt a SUI csoportban. Valsalva során a SUI csoportban húgycső-hypermobilitás 60%-ban, tölcséresedés 40%-ban volt észlelhető. A SE minden vizsgált régióban szignifikánsan magasabb deformációs értékeket mutatott SUI esetén ($p < 0,05$), ami csökkent szöveti merevségre utal. A

legnagyobb különbség a MU szintjén volt. A MANOVA szignifikáns csoportthatást igazolt (Wilks' $\lambda = 0,588$; $F(3,35) = 8,189$; $p < 0,001$). A mérési reprodukálhatóság kiváló volt (Cronbach- $\alpha > 0,95$; magas ICC értékek). ROC-analízis alapján a legjobb diagnosztikai teljesítményt a MU szint mutatta ($AUC = 0,813$), ezt követte az EUO (0,763) és az IUO (0,728).

4.2. A strukturált irodalmi áttekintés eredményei

A 19 azonosított közlemény közül 12 felelt meg a beválasztási kritériumoknak. A suburethralis szövetek SE alapú értékelése SUI-ban kevésbé kutatott, alulreprezentált terület. Az irodalmi adatok alapján SUI-ban a periurethralis és medencefenéki biomechanikai tulajdonságok következetesen megváltoznak, amit csökkent szöveti merevség, fokozott deformabilitás és a terhelésátvitel zavara jellemez.

5. DISZKUSSZIÓ

A SUI a medencefenék támasztórendszerének funkcionális zavara, amelyben a károsodott terhelésátvitel központi szerepet játszik. A hagyományos ultrahang

elsősorban morfológiai információt nyújt, ezért a szöveti biomechanika in vivo vizsgálatához funkcionális képalkotó módszerekre van szükség. Vizsgálatunkban SUI esetén minden suburethralis régióban (IUO, MU, EUO) magasabb deformációs értékeket találtunk, ami csökkent szöveti merevségre és fokozott deformabilitásra utal. A csökkent mechanikai ellenállás ronthatja a húgycső hatékony záródását hasúri nyomásfokozódás során. A legnagyobb különbség és a legjobb diagnosztikai teljesítmény a MU szintjén volt, alátámasztva annak központi biomechanikai szerepét. A vizsgálat egyik fő erőssége a standardizált SE protokoll kiváló reprodukálhatósága (magas ICC- és Cronbach- α -értékek). Az előre meghatározott ROI-k és a belső referencia alapú normalizálás csökkentették a mérési variabilitást, és lehetővé tették a megbízható, szintspecifikus értékelést. Eredményeink alapján az introitalis SE megvalósítható, reprodukálható és klinikailag informatív módszer a suburethralis biomechanika in vivo vizsgálatára. A SUI-val kapcsolatos SE vizsgálatok száma alacsony, a terület továbbra is alulkutatott. Eredményeink összhangban állnak DeLancey „hammock” hipotézisével és a SWE-

vizsgálatok eredményeivel. Klinikai szempontból a SE kiegészítheti a rutin medencefenéki ultrahangvizsgálatot funkcionális információval. A régióspecifikus merevségi mintázatok hozzájárulhatnak a SUI patomechanizmusának jobb megértéséhez és a terápiás eredmények értékeléséhez.

6. KÖVETKEZTETÉS

A standardizált introitalis SE megvalósítható és reprodukálható módszer a suburethralis szövetek in vivo, funkcionális vizsgálatára SUI esetén. SUI-ban fokozott suburethralis deformabilitás figyelhető meg, különösen a MU szintjén, ami a suburethralis támasztófunkció károsodására utal. Az introitalis SE ígéretes módszer lehet a SUI diagnosztikájában és a terápiás hatékonyság nyomon követésében.