

Magas frekvenciájú ultrahang, optikai koherencia tomográfia és mágnesesrezonancia képalkotás alkalmazási lehetőségei a bőrgyógyászati gyakorlatban

Clinical application of high-frequency ultrasound, optical coherence tomography and magnetic resonance imaging in dermatology

SZALAI KLÁRA DR.¹, FARKAS KLÁRA DR.¹, GERGELY HUNOR DR.¹,
VARGA NOÉMI NÓRA¹, MAGYAR MÁRTON DR.², NAGY ZOLTÁN ZSOLT DR.²,
FÉSŰS LUCA DR.¹, BOZSÁNYI SZABOLCS DR.¹, JOBBÁGY ANTAL DR.¹,
MEDVE CZ MÁRTA DR.¹, BÁNVÖLGYI ANDRÁS DR.¹, LŐRINCZ KENDE DR.¹,
WIKONKÁL NORBERT DR.^{1*}, KISS NORBERT DR.^{1*}

Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Bőr-, Nemikórtani
és Bőronkológiai Klinika, Budapest¹

Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szemészeti Klinika, Budapest²

ÖSSZEFOGLALÁS

A dermatoszkópia a legelterjedtebb noninvazív vizsgáló módszer a bőrelváltozások analizésére, azonban a bőrgyógyászati in vivo képalkotás jelentős fejlődést mutatott az elmúlt években. Megjelentek új, noninvazív képalkotó modalitások, melyek lehetővé teszik a bőr részletgazdagabb megjelenítését. A szerzők összefoglalják a korszerű diagnosztikai képalkotó módszerek közül az ultrahang, az optikai koherencia tomográfia és a mágnesesrezonancia képalkotó eljárások bőrgyógyászati klinikai alkalmazásának lehetőségeit, eddigi eredményeket. Céljuk, hogy a bemutatott eszközök és a bőrgyógyászok széles ismeretei által megvalósuljon a bőrbetegségek korai felismerése, valamint az új képalkotó modalitások alkalmazásával a terápia hatékonyságának követése.

Kulcsszavak:

képalkotás – ultrahang – magas frekvenciájú ultrahang – optikai koherencia tomográfia – mágnesesrezonancia képalkotás

SUMMARY

Dermoscopy is the most widely used noninvasive imaging method for the assessment of skin lesions. However, in recent years various other in vivo imaging modalities have made remarkable development. With the use of these novel methods, it is possible to provide a more detailed visualization of the skin. The authors summarize the possible clinical uses of novel imaging tools including ultrasound, optical coherence tomography, and magnetic resonance imaging. It is also aimed to summarize the use of new imaging modalities in the early diagnosis of a variety of skin diseases and their role to monitor treatment efficacy.

Key words:

imaging – ultrasound – high-frequency ultrasound – optical coherence tomography – magnetic resonance imaging

A bőrgyógyászati diagnosztika „gold standard” technikája a dermatoszkópia, amely azonban komoly limitációkkal bír. Ezen módszer mellett különböző nemzetközi munkacsoportok több noninvazív, in vivo technikát is kidolgoztak, bevezettek. A legfontosabb ok, hogy az epidermisnél mélyebbre lássunk be a bőrbe és a dermis valamennyi rétegé-

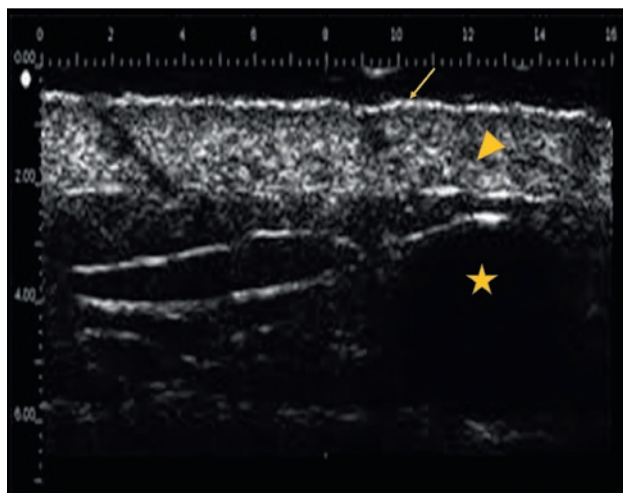
ről értékelhető információt kapjunk. Az egyik ilyen eszköz a reflektancia konfokális mikroszkópia, amely már szöveti szintű felbontást tesz lehetővé (Bővebben: „Dr. Lengyel Zsuzsanna és Dr. Varga Erika – Konfokális mikroszkópia”). További klinikailag nagy jelentőségű eszköz a magas frekvenciájú HD ultrahang (high-frequency ultrasound, HFUS),

az orvoslás számos területén széles körben elterjedt diagnosztikus technika, valamint az optikai koherencia tomográfia (optical coherence tomography, OCT), melyet kezdetben a szemészeti gyakorlatban alkalmaztak, azonban mostanra a medicina több ágazatában is teret hódított. A mágneses-rezonancia képalkotás (magnetic resonance imaging, MRI), komputertomográfia (computed tomography, CT) és pozitronemissziós tomográfia (positron emission tomography-computed tomography, PET-CT) egyre nagyobb jelentőségű a bőronkológia területén. Azonban ezen utóbbi képi diagnosztikus módszerek a direkt cután folyamatok megítélésében, leírásában alulmaradnak.

Magas frekvenciájú ultrahang (HFUS)

A bőrgyógyászati gyakorlatban elterjedt ultrahang (UH) alapú vizsgálómódszerek széles sávú magas multi-frekvenciához kötöttek, 15-22 Mhz, a vizsgálófejek lehetnek lineárisak, vagy a görbületeket követő /hockey stick/ transzducerek. Előnyös, ha gélpárnával ellátott transzducert sikerül választani a vizsgálathoz, mellyel a zselé által okozott artefactumok kiszűrhetők. A real-time ultrahang technika, a fine flow és color Doppler módszer, valamint a share wave szöveti elasztográfiá már nagyon pontos morfológiai leírást nyújt a dermalis folyamatokról. A multi-frekvencia teszi lehetővé, hogy szükség szerint változtatva az érzékenységet a bőr elváltozásait differenciálni tudjuk.

A bőrgyógyászatan az ultrahang egyik legelső alkalmazása az egészséges bőr vastagságának a vizsgálata volt. Ezekből a kutatásokból kiderült, hogy a bőr három fő rétege különböző echogenitással bír (1. ábra). Az epidermis főleg keratinból áll, ami erősen visszaveri az UH hullámokat, ezért hyperechogén vonalként ábrázolódik. A dermis egy echodús sáv, a magas kollagéntartalom miatt, azonban kevésbé világos, mint az epidermis, benne a szőrtüszők, faggyúmirigyek jól elkülönülnek, az érgomolyagok is jól láthatók. A subcutis hypoechogén sávként ábrázolódik a



1. ábra

Egészséges, ép bőr ultrahang képe.

A bőr rétegei különböző echogenitással ábrázolódnak: epidermis (nyíl), dermis (nyílhegy), subcutan zsír (csillag).

Frekvencia [MHz]	Penetráció [mm]	Vizsgálható
7,5	>40	Mélyen elhelyezkedő szövetek, nyirokcsomók
10	35	Epidermis, dermis, subcutis
20	10	Epidermis és dermis – a subcutis részei
50	3–4	Epidermis és dermis
75	3	Epidermis és a dermis bizonyos részei
100	1,5	Csak az epidermis

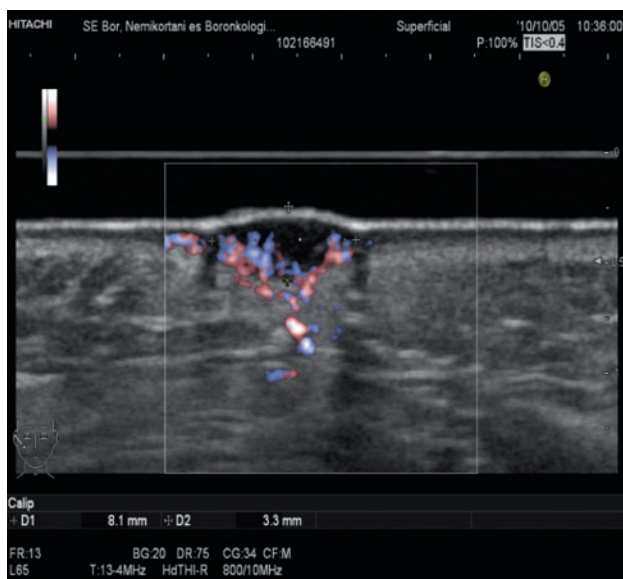
1. táblázat

A frekvencia változás szerepe a bőr elemzésében

subcutan szírszövet miatt, amelyben hosszanti echodús fibrózus szeptumok futnak (1). A real-time alkalmazott magas frekvencia a hullámhossztól függően elemzi a bőr rétegeit, melyet a vizsgálat során szükség szerint tudunk változtatni. Minél magasabb a képalkotás során alkalmazott frekvencia, annál kisebb a behatolási mélység és annál nagyobb a felbontóképesség. 7 MHz-nél nagyobb frekvenciájú ultrahang már lehetővé teszi a bőr rétegeinek, a bőrfüggelékeknek és a subcutan szöveteknek a vizualizációját, míg 10 MHz-nél nagyobb frekvenciájú ultrahang alkalmazásával már képesek vagyunk elkülöníteni a bőr különböző rétegeit is. A leggyakrabban alkalmazott 20 MHz körüli frekvenciával 6-7 mm behatolási mélységet és 50-200 µm-es felbontást érhetünk el (1. táblázat) (2).

Kihasznlva a HD ultrahang technika fent említett lehetőségeit a Semmelweis Egyetem Bőr-, Nemikórtani és Bőronkológia Klinikáján 2010 óta a mindennapi gyakorlat részét képezi ezen kiegészítő, diagnosztikus módszer, melyet a malignus és benignus kórképekben egyaránt alkalmazunk. A technikának vitathatatlan szerepe van a malignus bőrdaganatok, melanomák, laphámrákok, lymphomák, dermatosarcomák diagnosztikájában, stagingjében, hangsúlyozva azonban, hogy a dermatoszkópia nélkülözhetetlen eszköze a diagnosztikának.

A melanoma malignum esetében a legfontosabb prognosztikai faktor a Breslow-féle tumorvastagság, amely meghatározza a beteg túlélését, a TNM stádiumbesorolást (staging) és a sebészi ellátás során az operációs ségély nagyságát, a szatellita folyamatok jelenlétét (2. ábra). Az ultrahanggal végzett tumorvastagság mérések a korábbi kutatásunk szerint a szövettani tumorvastagság mérési eredményekkel összehasonlítva szignifikáns korrelációt mutattak Breslow szerint (3. ábra) (3). A preoperatív UH vizsgálat a sebész számára a biztonsági zóna pontos értékét megadja, mely a páciens számára kedvezőbb prognózist jelent a betegség lefolyását illetően. A preoperatív UH vizsgálat elvégzését a bőrgyógyászati szakmai irányelvek is szükségesnek tartják (4), mely a kiemelt onkodermatológiai központokban hozzáférhető, így valamennyi egyetemi

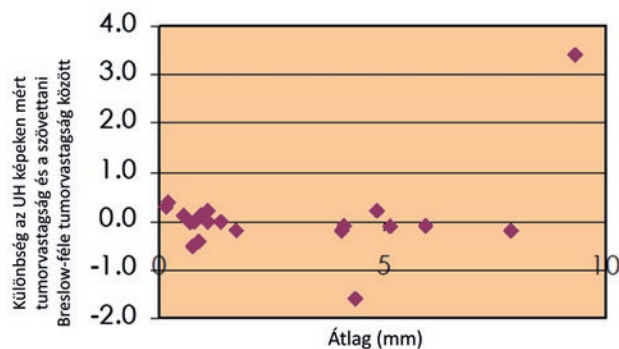


2. ábra

Melanoma malignum hypervascularizált forma ultrahang képe. Staging: T3; Breslow: 3,3 mm

klinika rendelkezik megfelelő eszközzel. Korábbi tanulmányok alapján a bőrtumorok vastagságának megítélése sok esetben 10–20 Mhz felbontású ultrahanggal történik, mely a legtöbb helyen hozzáférhető (5). A módszer azonban nem alkalmazható melanocytás naevus és melanoma malignum differenciáldiagnosztikájára, mivel mindkettő jól körülhatárolt, homogén, hypoechogén területként jelenik meg.

Basalioma esetében a magas frekvenciának köszönhetően több altípus elkülöníthető, mely a sebész számára szintén fontos, mert így a biztonsági zónát jól megválasztva kisebb az esély a betegség recidívájára. Ezen túl, ha

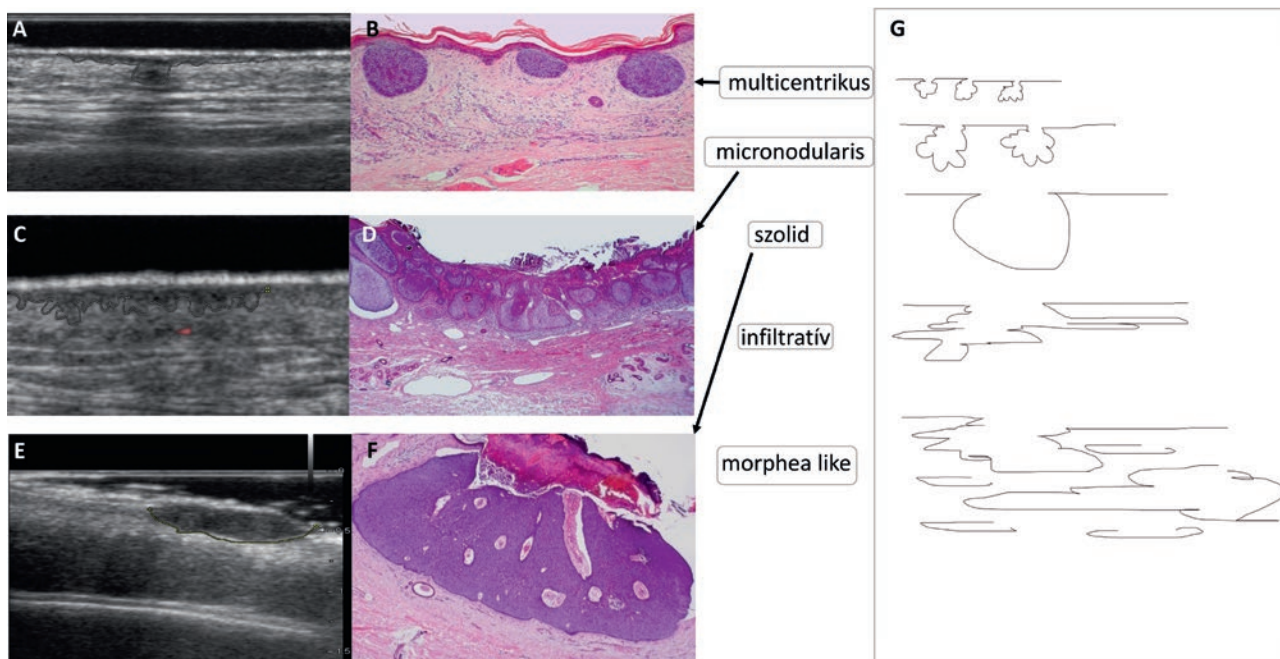


3. ábra

Összefüggés a Breslow-vastagság és az UH által mért tumor mélység között (3)

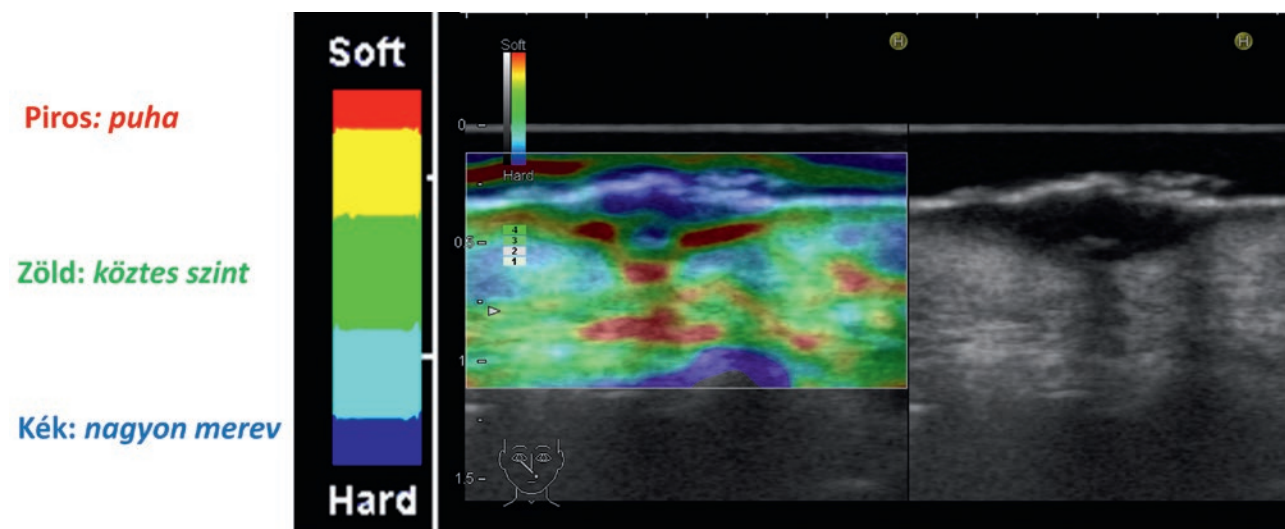
nem sebészi terápiát választunk, a terápia alatti és utáni követésben lesz jelentősége (4. ábra). Cutan lymphomák esetében is hasonlóan a diagnosztikában és a követésben van fontos szerepe az UH technikának.

Számos kötőszöveti betegségben, mint scleroderma vagy SLE, megváltozik a bőr összetétele és rugalmassága, fibrotikus szövet alakul ki, amelynek mechanikai tulajdonságai ultrahang elastográfiával (UE) jól vizsgálhatók (6). Sclerodermában UE segítségével a patológiás kollagén depozitumok számának gyarapodásával elkülöníthetővé válik a kezdeti gyulladásos és a késői, a bőr megkeményedésével és dermális megvastagodással járó fázis (1). Ezeket soft elastográfia esetében egy lágy-kemény együtthatóval, share wave elastográfia esetében kPa-ban megadva jelezzük (5. ábra). Ez a technika alkalmas a kezelés hatékonyságának mérésére is (6. ábra). Bizonyos kórképeknél a kezelésben alkalmazott szerek májra kifejtett hatásának követésében is alkalmazható, a fibrózis mértékének mérésére.



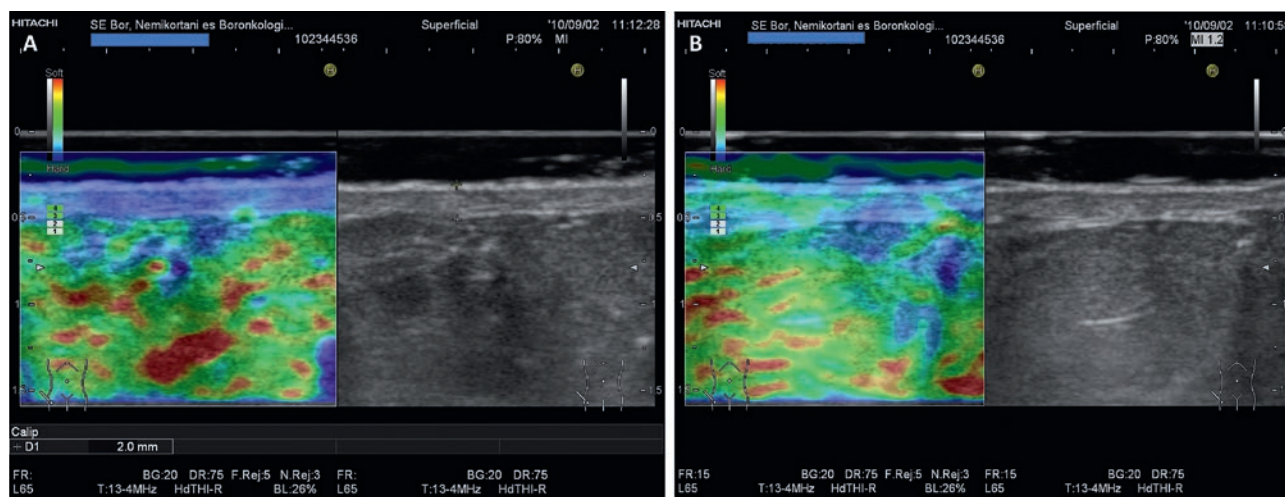
4. ábra

A basaliomák morfológiai elkülönítése ultrahang és szövettan szerint



5. ábra

Real-time elasztográfia „strain imaging”. Az elasztogram – B képre vetített színekódolás ábrázolódik



6. ábra

A szöveti elasztogram változás lichen esetében kezelés hatására

A gyulladásos bőrbetegségekben, bár számos különböző kórképet foglalnak magukba, mégis jellegzetes közös UH morfológiai eltérések mutatkoznak. Ezekben a kórképekben az epidermis alatti területen hypoechogén sáv ábrázolódik, melyre a nemzetközi szakirodalomban SLEB (subepidermal low echogenic band) rövidítéssel hivatkoznak, color Dopplerrel továbbá fokozott véráramlás mutatkozik (7). Egyes betegségekben további specifikus jelek figyelhetők meg. Psoriasisban az érintett bőrterületeken a SLEB réteg megjelenésén és a fokozott véráramláson túl az epidermis és a dermis megvastagodása, valamint a dermis echogenitásának csökkenése látható (8). Atópiás dermatitisben SLEB réteg a klinikailag aktív területen kívül a látszólag nyugalomban lévő bőrön is kimutatható, bár a gyulladt területhez képest vékonyabb rétegben (9). *Polanska és mtsai* korrelációt mutattak ki az HFUS-al ábrázolódó SLEB réteg vastagsága, a szövettanilag észlelt oedema és a gyulladásos infiltrátum kiterjedésével, valamint az EASI-score-al értékelt betegségaktivitással (10). Pso-

riasisához hasonlóan atópiás dermatitisben az UH vizsgálat a betegség aktivitásának, valamint a terápia hatékonyságának követésében tölthet be szerepet.

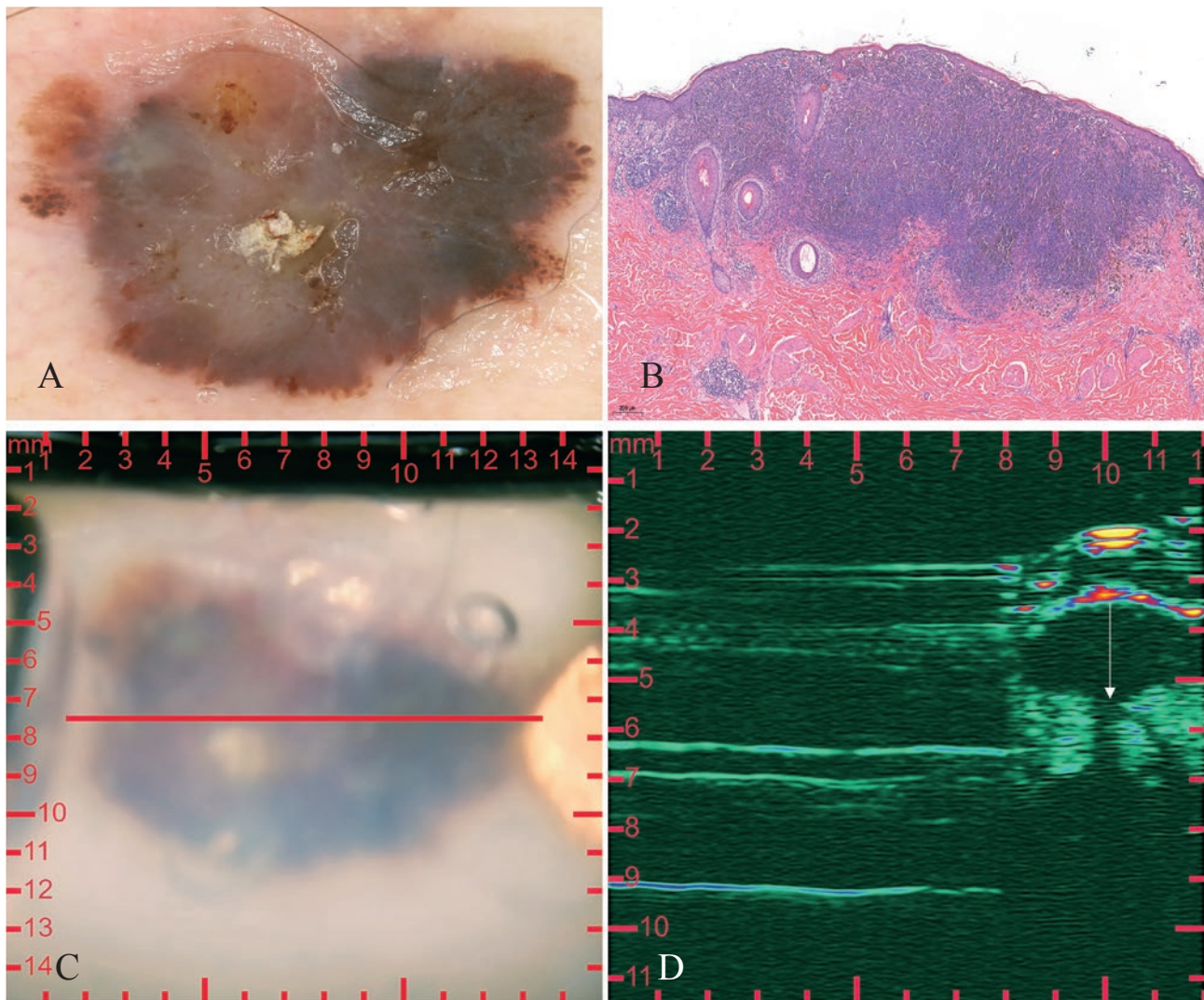
A 2021-es European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB) ajánlásában a szerzők teljes egyetértésben erős ajánlást fogalmaztak meg a bőr ultrahang hidradenitis suppurativában (HS) történő alkalmazásáról. Javasolt HS-ben a bőr UH vizsgálata a diagnózis megerősítéséhez, a klinikai stádium meghatározásához, valamint a terápia hatékonyságának követésében (7). *Wortsman* HS-ben számos UH vizsgálattal kimutatható jellegetességet írt le. Ezek a szőrtüszők kiszélesedése, a dermis megvastagodása vagy abnormális echogenitása, dermális pseudocisztás nodulusok láthatóvá válása (kerek vagy ovális alakú echoszegény ill echomentes nodularis képletek), folyadékgyülemek megjelenése (echomentes vagy echoszegény folyadék depositumok a dermisben vagy a kiszélesedett szőrtüszők tövéhez kapcsolódóan), valamint a sipoly járatok ábrázolódása (echomentes vagy

echoszegény sávszerű struktúrák a bőr rétegein átívelően a kiszélesedett szőrtüszők tövéhez kapcsolódóan). Fontos jellegetesség a color Dopplerrel kimutatható fokozott áramlás az előbb felsorolt struktúrákhoz kapcsolódóan, mely a gyulladás aktivitásával mutat korrelációt (11). A microcirkuláció mérésével szintén fontos differenciáldiagnosztikai lehetőséget rejt a color Doppler UH technika, mely a Raynaud szindróma diagnosztikájában segít (12).

Az UH technikánkat fejlesztve 2014-től klinikánk együtt kutatót a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Bionika Karával, célul tűzve ki egy olyan készülék létrehozását, mely mobilis, kis méretű magas frekvenciás ultrahang berendezés. Ezen rendszer meghatározott feladatául tűztük ki a malignus bőrfolyamatok preoperatív diagnosztikáját, mely alkalmassá válhat arra, hogy valamennyi bőrgyógyász megtanulva a használatát, a malignus melanomák időben kerüljenek ellátásra. Az eszköz bemérését jelenleg is klinikánk munkacsoportja végzi, mely közben továbbfejlesztett változatával végzik a méréseket. Az eszköz beépített magas frekvenciás (33Mhz) egy szálas piezoelekt-

romos kristály mellett egy optikai tükröt dermatoskópként használ. Ez fontos a bőrgyógyász kezében, mint biztonsági mankó, mely segíti az ultrahangkép biztosabb elemzésében (13). A kutatás egy további célja a melanoma szövettanának és ultrahang képének digitális elemzése, mely felhasználásával az ultrahangtechnika feleletet tud mondani a lymphaticus terjedésről, mely prognosztikai faktora a betegségnek (7. ábra).

Az ultrahangot már több mint 40 éve használják a bőrgyógyászatban, és indikációs köre folyamatosan bővül a technikai fejlesztések hatására (1). Előnyei közé tartozik, hogy nem használ ionizáló sugárzást a képalkotáshoz, ezért nincs kontraindikációja, könnyen használható, relatíve olcsó, és valós idejű vizsgálatot eredményez. A legfőbb limitáló tényezője, hogy korlátozott felbontóképességgel rendelkezik és a kontrasztfelbontás hiánya miatt nehézséget jelent a számos hypoechogén területként megjelenő struktúra azonosítása (pl. tumor, subcutan zsír, gyulladásos szövet). Ezen hátrányok azonban az UH kontrasztanyagot technikával kiküszöbölhetők, a malignus folyamatok érzé-



7. ábra

Melanoma malignum A) dermatoszkópos képe B) szövettani képe (Breslow: 2,29 mm) C) kézi, magas frekvenciájú ultrahang eszköz optikai képe és D) ultrahang képe (mért tumorvastagság: 2,09 mm)

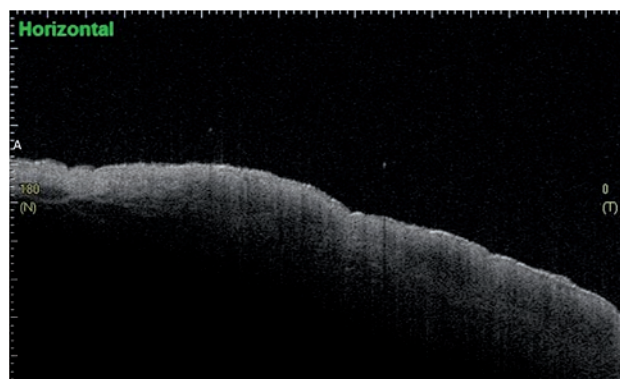
kenysége révén. A fentiekén túl fontos szempont azonban, hogy az UH képalkotás egy rendkívül vizsgálófüggő eljárás, amelynek klinikai haszna függ a vizsgáló szakmai jártasságától (13).

Optikai koherencia tomográfia (OCT)

Bőrbetegségek optikai koherencia tomográfiával történő vizsgálatáról a '90-es évek végén számoltak be (14). Hazánkban első sikeres klinikai alkalmazása szemészetben történt 1998-ban (15). Azóta a szemészeti gyakorlatban rutin vizsgálatként alkalmazzák, sok esetben a diagnosztika alapját képezi.

Az OCT használata során az ultrahanggal szemben nem hanghullámokat alkalmazunk, hanem rövidebb hullámhosszú fényforrást (infravörös (infrared, IR) vagy közel-infravörös (near-infrared, NIR) sugárzást), mely lehetővé teszi a nagyobb felbontást (3 μm), azonban a leképzett terület és mélység elmarad az ultrahanghoz képest. Az OCT működése az alacsony koherenciájú interferometria elvén alapul. A kibocsátott fény egy része interferál egy ismert, referencia fénnyel, másik része a mintára irányul. Majd a visszaverődő fénysugarak egyesülnek, melyet egy detektor érzékel és keletkező interferenciaminta alapján meghatározható a vizsgált terület mélysége. Újabb OCT-berendezések a keresztmetszeti kép mellett horizontális metszetek felvételére és 3D képrekonstrukcióra is alkalmasak. 2 mm behatolási mélységet biztosít, mely lehetővé teszi az epidermis és a dermis vizsgálatát, a bőrfüggelékek és erek megjelenítését. Az OCT alkalmas lehet a melanoma és nem-melanoma bőrtumorok (non-melanoma skin cancer, NMSC) diagnosztizására és tumor széleinek megállapítására. Egyes tanulmányok megkísérelték a melanomára jellegzetes OCT kép pontos leírását magas felbontású OCT-vel (high definition OCT, HD-OCT), amely lehetővé teszi a celluláris struktúrák vizsgálatát, illetve SV-OCT-vel (speckle variance OCT), mellyel a szabálytalan elrendeződésű ereket mutatták ki (16). A basalioma diagnosztikájában az OCT szignifikánsan magasabb szenzitivitást és specificitást tesz lehetővé összehasonlítva a klinikai vagy dermatoszkópos vizsgálaton alapuló diagnózis felállításával (17-19). A basaliomában azonosítható jellegzetes struktúrákat kis esetszámú tanulmányban 3 dimenziós rekonstrukciót lehetővé tevő line-field-OCT-vel határozták meg (20). Az OCT segítséget nyújthat a sebészi szélek preoperatív tervezése során (21), továbbá az aktinikus keratosis (AK), laphámrák és Bowen-kór elkülönítésére, valamint AK-ban a terápia hatásosságának követésére is alkalmazható lehet (22-24). OCT használatával sikeresen vizsgáltak körömbetegségeket (köröm psoriasis, onychomycosis), gyulladásos bőrbetegségeket (kontakt dermatitis, seborrhoeás dermatitis), autoimmun hólyagos bőrbetegségeket, ér eredetű léziókat (nevus flammeus, hemangioma), akne-t és rosacea-t, valamint fibrósissal járó bőrelváltozásokat is (szisztémás sclerosis, heg) (25,26).

Psoriasisban az OCT kép jellemzői közé tartozik a hiperkeratosis, acanthosis és a papilláris dermisben kitágult kapilláris hurkok, az úgynevezett „tüskék” (27) (8. ábra).



8. ábra

OCT alkalmazása bőrgyógyászatban. Psoriasisos beteg kézfejen elhelyezkedő plakkról készült felvétel, ahol az epidermis egyenetlensége ábrázolódik. Semmelweis Egyetem Szemészeti Klinika képanyaga

A psoriasis lokális és szisztémás terápia hatékonyságának monitorozására is alkalmazták (28,29).

Az egyes léziók mélysége körülbelül 1,5 mm vastagságig határozható meg hagyományos OCT-szkennerekkel. Gyulladásos infiltrátum jelenlétekor túlbecsülhetjük a mélységet. Basalioma és AK vastagságának meghatározása OCT-vel pontosabbnak bizonyult HFUS-al szemben. 2 mm-nél vékonyabb NMSC léziók esetében az OCT, de különösen a HFUS, hajlamos túlbecsülni a daganat mélységi kiterjedését (30).

Reflektancia konfokális mikroszkópiához (RCM) képest az új-generációs OCT berendezésekkel nagyobb látómezőt jeleníthetünk meg, mélyebb szöveti behatolást biztosítanak és 3D móddal is rendelkeznek. Ezen felül a LC-OCT (line-field confocal) magasabb felbontást (7.5–10 μm) is lehetővé teszi (31).

Mágnesesrezonancia képalkotás (MRI)

Már az 1990-es évek elején több tanulmányban beszámoltak az MRI klinikai jelentőségéről a bőrgyógyászat területén. A laphámrák, dermatofibroma, és primer cutan B-sejtes lymphoma mellett a Breslow- tumorvastagságot is sikerrel vizsgálták (32,33). Olykor egy test MRI vizsgálat során véletlenszerűen kerülhet felismerésre a bőr és a subcutan szövetekben észlelhető kóros folyamat. *Becker-Wiedman és mtsai* összefoglalták bizonyos benignus és malignus bőrgyógyászati kórképek MR-en megjelenő jellegzetességeit (34).

Az MRI-t több mint egy évtizede használják a súlyos anogenitális HS kezelése során. Crohn-betegségben megjelenő anogenitális tünetek és anogenitális HS elkülönítésére alkalmazható. Tekintettel az MRI magas költségére és a felületes elváltozások kimutatásának korlátozott képességére, az MR képalkotást elsősorban kiterjedt HS esetek műtét előtti tervezésében használják (35).

Ennél a technikánál meg kell jegyezni, hogy valamilyen fent jelzett vizsgálathoz (végbél, bőr) más-más diagnosztikai tekercsre van szükség, így a technika rendkívül költséges, de a hasznossága igen jelentős.

Bőrgyógyászati onkológiában a távoli metasztázisok feltérképezésére az agyi MR mellett teljes test CT vagy PET-CT vizsgálat lehet indokolt. Ezen képalkotó vizsgálatok elvégzése javasolt a melanoma IIC stádiumában (36). Használatuk gyakorlati jelentősége abban rejlik, hogy a távoli metasztázis esetén minden esetben szisztémás terápia szükséges. Új terápiás lehetőségek, a célzott terápia és immunterápia fejlődése következtében a képalkotók szerepe méginkább felértékelődik, az onkológiában kitüntetett szereppel bíró diagnosztikus algoritmusok szerint (37).

Összefoglalás

A technika fejlődése következtében a dermatoszkópia mellett új *in vivo* képalkotó eszközök jelentek meg a bőrgyógyászati gyakorlatban, melyek klinikai alkalmazásai egyre szélesebb körben elterjednek. Az UH és OCT számos bőrbetegségben használható, melyekkel lehetőség nyílik a diagnózis felállítására, emellett a pontosabb stádium meghatározása által az adekvát terápiás döntésben is segítséget nyújthatnak. Sikeresen követhetjük egyes betegségek regresszióját, progresszióját, valamint lehetőség nyílik a terápiák eredményességének és a folyamatosan megjelenő, új terápiás lehetőségek hatásosságának objektív monitorozására is.

Köszönetnyilvánítás: Dr. Kuroli Enikőnek köszönjük, hogy a szövettani felvételeket rendelkezésünkre bocsátotta. Köszönjük Dr. Csákány Béla munkáját az OCT felvételek elkészítésében. Köszönjük a Dermus Kft. munkatársainak, köztük Dr. Gyöngy Miklósnak és Dr. Csány Gergelynek, hogy Dermus Skinscanner portábilis, optikailag vezérelt HFUS eszközöket a klinikán rendelkezésünkre bocsátottak, valamint folyamatos szakmai támogatást biztosítottak számunkra.

IRODALOM

- Levy J., Barrett D.L., Harris N. és mtsai.: High-frequency ultrasound in clinical dermatology: A review. In *Ultrasound J*, (2021) 13, 24.
- Schneider S.L., Kohli I., Hamzavi I.H. és mtsai.: Emerging imaging technologies in dermatology: Part i: Basic principles. *J Am Acad Dermatol*. (2019) 80, 1114-1120.
- Szalai K., Hatvani Z., Somlai B. és mtsai.: Staging melanoma malignum using resolution ultrasound technique. In Proceedings of 6th EADO Congress 2010, 16th-19th June, 2010 Athens, Greece.
- Wortsman X., Alfageme F., Roustan G. és mtsai.: Guidelines for performing dermatologic ultrasound examinations by the dermatologist group. *J Ultrasound Med*. (2016) 35, 577-580.
- Csernus A.E., Lengyel Z., Ferencz J. és mtsai.: Melanoma malignum *in vivo* mélységi terjedésének meghatározása nagyfelbontású ultrahanggal (18-, 22 mhz). *BÖRGYÓGYÁSZATI ÉS VENEROLÓGIAI SZEMLE*. (2012) 88.1, pp. 11–18.
- DeJong H.M., Abbott S., Zelesco M. és mtsai.: The validity and reliability of using ultrasound elastography to measure cutaneous stiffness, a systematic review. *Int J Burns Trauma*. (2017) 7, 124-141.
- Alfageme F., Wortsman X., Catalano O. és mtsai.: European federation of societies for ultrasound in medicine and biology (efsumb) position statement on dermatologic ultrasound. *Ultrasound Med*. (2021) 42, 39-47.
- Wortsman X., Jemec G. *Dermatologic ultrasound with clinical and histologic correlations*; Springer Science & Business Media: 2013.
- Sabău M., Boca A.N., Ilies R.F. és mtsai.: Potential of high-frequency ultrasonography in the management of atopic dermatitis. *Exp Ther Med*. (2019) 17, 1073-1077.
- Polańska A., Dańczak-Pazdrowska A., Silny W. és mtsai.: Comparison between high-frequency ultrasonography (dermascan c, version 3) and histopathology in atopic dermatitis. *Skin Res Technol*. (2013) 19, 432-437.
- Wortsman X. *Atlas of dermatologic ultrasound*; Springer: 2018.
- Cazalets C., Cador B., Rolland Y. és mtsai.: [digital flow exploration by color doppler ultrasound in patients with raynaud's disease or systemic sclerosis]. *J Mal Vasc*. (2004) 29, 12-20.
- Csany G., Gergely L.H., Szalai K. és mtsai.: First clinical experience with a novel optical-ultrasound imaging device on various skin pathologies. *medRxiv*. (2021),
- Welzel J., Lankenau E., Birngruber R. és mtsai.: Optical coherence tomography of the human skin. *Journal of the American Academy of Dermatology*. (1997) 37, 958-963.
- Békési L., Biró A., Berta A.: Ophthalmic application of optical coherence tomography. [az optikai koherencia tomográfia szemészeti alkalmazásáról.] *Szemészet*. (1998) 135(3), 173–177.
- Rajabi-Estarebadi A., Bittar J.M., Zheng C. és mtsai.: Optical coherence tomography imaging of melanoma skin cancer. *Lasers Med Sci*. (2019) 34, 411-420.
- Markowitz O., Schwartz M., Feldman E. és mtsai.: Evaluation of optical coherence tomography as a means of identifying earlier stage basal cell carcinomas while reducing the use of diagnostic biopsy. *J Clin Aesthet Dermatol*. (2015) 8, 14-20.
- Ulrich M., von Braunmühl T., Kurzen H. és mtsai.: The sensitivity and specificity of optical coherence tomography for the assisted diagnosis of nonpigmented basal cell carcinoma: An observational study. *Br J Dermatol*. (2015) 173, 428-435.
- Cheng H.M., Lo S., Scolyer R. és mtsai.: Accuracy of optical coherence tomography for the diagnosis of superficial basal cell carcinoma: A prospective, consecutive, cohort study of 168 cases. *Br J Dermatol*. (2016) 175, 1290-1300.
- Cappilli S., Cinotti E., Lenoir C. és mtsai.: Line-field confocal optical coherence tomography of basosquamous carcinoma: A case series with histopathological correlation. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. (2022) 10.1111/jdv.18038,
- De Carvalho N., Schuh S., Kindermann N. és mtsai.: Optical coherence tomography for margin definition of basal cell carcinoma before micrographic surgery-recommendations regarding the marking and scanning technique. *Skin Res Technol*. (2018) 24, 145-151.
- Ruini C., Hartmann D., Bastian M. és mtsai.: Non-invasive monitoring of subclinical and clinical actinic keratosis of face and scalp under topical treatment with ingenol mebutate gel 150 mcg/g by means of reflectance confocal microscopy and optical coherence tomography: New perspectives and comparison of diagnostic techniques. *J Biophotonics*. (2019) 12, e201800391.
- Ulrich M., Themstrup L., de Carvalho N. és mtsai.: Dynamic optical coherence tomography in dermatology. *Dermatology*. (2016) 232, 298-311.
- Olsen J., Themstrup L., De Carvalho N. és mtsai.: Diagnostic accuracy of optical coherence tomography in actinic keratosis and basal cell carcinoma. Photodiagnosis and photodynamic therapy. (2016) 16, 44-49.
- Psomadakis C.E., Marghoob N., Bleicher B. és mtsai.: Optical coherence tomography. *Clin Dermatol*. (2021) 39, 624-634.
- Rajabi-Estarebadi A., Vasquez-Herrera N., Martinez-Velasco M. és mtsai.: Optical coherence tomography in diagnosis of inflammatory scalp disorders. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. (2020) 34, 2147-2151.
- Ruini C., Daxenberger F., Gust C. és mtsai.: [advances in optical coherence tomography]. *Hautarzt*. (2021) 72, 1048-1057.

28. Yélamos O., Alejo B., Ertekin S.S. és mtsai.: Non-invasive clinical and microscopic evaluation of the response to treatment with clobetasol cream vs. Calcipotriol/betamethasone dipropionate foam in mild to moderate plaque psoriasis: An investigator-initiated, phase iv, unicentric, open, randomized clinical trial. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* (2021) 35, 143-149.
29. Odorici G., Losi A., Ciardo S. és mtsai.: Non-invasive evaluation of secukinumab efficacy in severe plaque psoriasis with confocal microscopy and optical coherence tomography: A case report. *Skin Research and Technology.* (2018) 24, 160-162.
30. Gambichler T., Pljakic A., Schmitz L.: Recent advances in clinical application of optical coherence tomography of human skin. *Clinical, cosmetic and investigational dermatology.* (2015) 8, 345-354.
31. Gust C., Schuh S., Welzel J. és mtsai.: Line-field confocal optical coherence tomography increases the diagnostic accuracy and confidence for basal cell carcinoma in equivocal lesions: A prospective study. *Cancers (Basel).* (2022) 14,
32. Zemtsov A., Lorig R., Ng T.C. és mtsai.: Magnetic resonance imaging of cutaneous neoplasms: Clinicopathologic correlation. *J Dermatol Surg Oncol.* (1991) 17, 416-422.
33. Park J.i., Kim J.W.: Mr imaging features of primary cutaneous diffuse large b-cell lymphoma: A case report. *jksr.* (2011) 64, 249-252.
34. Becker-Weidman D., Mhuirheartaigh J.N., Morteale K.J.: The skinny on skin: Mri features of cutaneous and subcutaneous lesions detected on body mri studies. *Abdom Radiol (NY).* (2018) 43, 2823-2850.
35. Elkin K., Daveluy S., Avanaki K.: Review of imaging technologies used in hidradenitis suppurativa. *Skin Res Technol.* (2020) 26, 3-10.
36. Garbe C., Amaral T., Peris K. és mtsai.: European consensus-based interdisciplinary guideline for melanoma. Part 1: Diagnostics – update 2019. *Eur J Cancer.* (2020) 126, 141-158.
37. Garbe C., Amaral T., Peris K. és mtsai.: European consensus-based interdisciplinary guideline for melanoma. Part 2: Treatment – update 2019. *Eur J Cancer.* (2020) 126, 159-177.

Érkezett: 2022.04.12.

Közlésre elfogadva: 2022.05.02.