

# **Objektivitás a forenzikus medicinában**

A szúrt sérülések vizsgálatának és véleményezésének modern  
módszerei

Doktori (PhD)-értekezés

Dr. Heckmann Veronika

Témavezető: Prof. Dr. Molnár F. Tamás PhD, DSc, FETS

Programvezető: Prof. Dr. Molnár F. Tamás PhD, DSc, FETS (2020-23)

Dr. habil. Szántó Zalán PhD (2024)

Doktori iskola vezetője: Prof. Dr. Bogár Lajos PhD, DSc

Pécsi Tudományegyetem

OGYDHT Pécs

2025

## **I. Bevezetés, célkitűzések**

A tudomány és technika fejlődésével a büntetőeljárásokban a szakértői bizonyítás eszköztára, és ezáltal jelentősége is növekszik. Míg a gyógyítást már hosszú ideje a bizonyítékokon alapuló orvoslás jellemzi, addig a klasszikus igazságügyi orvostanban még mindig igen sok a szubjektív elem. A kutatásaim motivációját a szubjektív véleményezéstől az objektív (bizonyítékokon alapuló) orvosszakértés felé történő elmozdulás igénye jelentette. Témaválasztásom a szúrt sérülésekre esett, mivel egyrészt ez az egyik leggyakoribb sérüléstípus az idegenkezű cselekmények elkövetési módjai közül, másrészt számos olyan speciális kérdés megválaszolása szükséges, amelyeknél új szempontok és objektív módszerek felhasználásának van helye.

*A kutatásaim során az alábbi célokat tűztem ki:*

- 1) az idegenkezű szúrt sérülések nemzetközi és magyar epidemiológiai jellemzőinek vizsgálata és összevetése a Baranya (vár)megyei adatokkal;
- 2) a szúrt sérülések irányának minél pontosabb meghatározása céljából a rendelkezésre álló szakirodalmi adatok áttekintése, új vizsgálati módszer kidolgozása;
- 3) a szúrt sérülések objektív modellezési lehetőségeinek vizsgálata, és a szúrt sérülések összehasonlító vizsgálatára alkalmas módszer kifejlesztése;
- 4) a szúrásra használt eszközök egységes vizsgálati módszerének kidolgozása;
- 5) a sérülések létrehozásához szükséges erőbehatás nagyságának vizsgálata, ezen belül
  - a) az egyes eszköztípusok összehasonlítása;
  - b) a késpengék jellemzőinek hatása a szúrt sérülés előidézéséhez szükséges minimális szúróerő nagyságára;
  - c) a ruházat szűrési erőt befolyásoló hatásának vizsgálata.

## **II. A szúrással elkövetett életellenes cselekmények epidemiológiai jellemzői**

Az Egyesült Nemzetek Bűnügyi Hivatalának (UNODC) adatai szerint világszerte évente kb. 440-450.000 emberölés történik. 2021-ben 458.000 emberölést regisztráltak, az áldozatok 19%-a nő, 81%-a férfi volt. Számos országban (pl. Svédország, Magyarország, Lengyelország, Egyesült Királyság, Kanada) az emberölések túlnyomó részét valamely élhatású eszközzel követik el. Az egyes kontinensek adatait összegezve az élhatású erőbehatás előfordulása Európában 30%, Ázsiában ehhez hasonló az arány (31%), míg Amerikában a lőfegyver dominál, élhatásra keletkezett sérülés 14%-ban szerepel halálokként. Az elkövetés eszköze leggyakrabban a kés (ezen belül is a konyhakés), de az esetek néhány százalékában egyéb, hegygel rendelkező eszközzel (pl. olló vagy csavarhúzó) okozták a halálos sérülést.

### *Hazai emberölési statisztikák*

Magyarországon az elmúlt évtizedekben az emberölések száma fokozatosan csökken, hasonlóan az Európai Unió többi országához. A rendszerváltást megelőzően, 1965-1990 között az éves emberölési adatok 200 körül ingadoztak. 1991-ben 307-re nőtt a regisztrált esetek száma, majd 1999-től erőteljes csökkenés tapasztalható, mely tendencia jelenleg is tart. Az emberölések száma éves szinten 100, míg a halált okozó testi sértések száma 20 közé tehető az utóbbi éveken Magyarországon.

### *Élhatású eszközzel okozott idegenkezű sérülések a Pécsi Igazságügyi Orvostani Intézet boncolási anyagában*

A PTE ÁOK IOI-ben 2007-2023 között hatósági kirendelésre 3790 boncolás történt, ezek közül 88 esetben a rendőrség által emberölés vagy halált okozó testi sértés miatt indított eljárásban, mely az összes boncolás 2,32 százalékát jelenti. Az esetszám a Baranya Megyében adott időszakban elkövetett összes, ilyen jellegű cselekményt tükrözi, mely évente átlagosan 5,17 életellenes cselekményt jelent, ez az adat 100.000 lakosra vonatkoztatva 1,43-nak adódik, mely kismértékben magasabb, mint az országos adatokból számolható 1,2/100.000-es ráta. A 2010-es években az esetszám jellemzően 4-5 körüli volt, de 2021-ben például ilyen jellegű cselekményre nem derült fény Baranya Megyében.

Az elkövetési módok vizsgálata alapján az élhatású sérülések kiemelkednek: 31 alkalommal játszott szerepet a halál beálltában élhatású eszközzel okozott sérülés. Az élhatású eszközzel elkövetett cselekmények döntő többségében (28 eset) szúrt sérülés hozta létre a halálos eredményt, metszés három, vágás pedig egy esetben vezetett a halál beálltához. Az intézeti anyagban szúrt sérülések esetén az adott időszakban az áldozatok 57%-a volt férfi (16 eset), míg 43 százalékban (12 eset) nő. Az ismert elkövetők (23) 86%-a férfi (20), míg mindössze 13%-a volt nő (3). A női áldozatoknál 5 esetben az áldozat aktuális vagy korábbi férfi partnere volt az elkövető, míg három esetben egyéb motiváció húzódott meg a cselekmény hátterében.

### *A szúrt sérülések jellemzői az intézet boncanyagában*

A vizsgált 27, szúrt sérülést elszenvedett áldozat esetében összesen 167 szúrt sérülés volt azonosítható. A boncolások során leírt szúrt sérülések elhelyezkedése alapján a legtöbb szúrt sérülés a mellkas bal oldalát és a hasat érte, majd sorrendben a fej, a nyak és a jobb mellkasfél következett.

### **III. A szúrt sérülések vizsgálata és véleményezése**

A szúrt sérülések vizsgálata során az orvosszakértőnek meg kell határoznia a szúrcsatorna lefutását, tehát a szúrás irányát, valamint véleményeznie kell a sérülést okozó eszköz jellegzetességeit, azaz az élek számát és jellegét (sima, fogazott), a penge valószínűsíthető alakját, magasságát, hosszát, vastagságát. Az eszköz jellemzőinek meghatározása a rendelkezésre álló módszerekkel azonban csak nagyfokú bizonytalanság mellett lehetséges.

Az orvosszakértőnek nyilatkoznia kell a sérülést létrehozó erőbehatás nagyságáról, valamint irányítottóságáról is. Szúrás esetén a sérülés okozásához szükséges erőbehatás mértékét befolyásolják az elkövetési eszköz jellemzői (elsősorban a hegyessége), a sérült testtájék anatómiai jellegzetességei (bőr vastagsága, bőrfeszülés, kollagénrost lefutás); valamint mindazon tényezők, amelyek a testfelszínt érő szúrás energiájának egy részét elnyelhetik (pl. ruházat). Az adott sérülés előidézéséhez szükséges erőbehatás mértéke objektív módon nem határozható meg, a kérdés tekintetében többnyire csak valószínűségi vélemény adható.

### **IV. 3D nyomtatás alkalmazása a szúrcsatorna irányának meghatározására és a feltételezett elkövetési eszközök „beilleszthetőségének” vizsgálata során**

A szúrcsatorna lefutásának vizsgálatára legáltalánosabban használt módszer a szúrcsatorna szondázása, majd a bőr és a lágyszövetek réteges boncolása. A módszer legnagyobb hátránya, hogy az eszköz a kis átmérője miatt a szúrcsatornán belül jelentősen elmozdulhat, így a szúrcsatorna iránya csak megközelítőleg határozható meg. Amennyiben rendelkezésre áll az elkövetés feltételezett eszköze, akkor a szúrcsatorna lefutásának meghatározására és a kés azonosítására a legegyszerűbb módszer az adott kés szúrcsatornába illesztése lenne. Ez azonban nem jöhet szóba, egyrészt azért, mert a pengét a sebrésbe helyezve a szúrcsatornát megváltoztathatja, másrészt pedig a keresztkontamináció miatt.

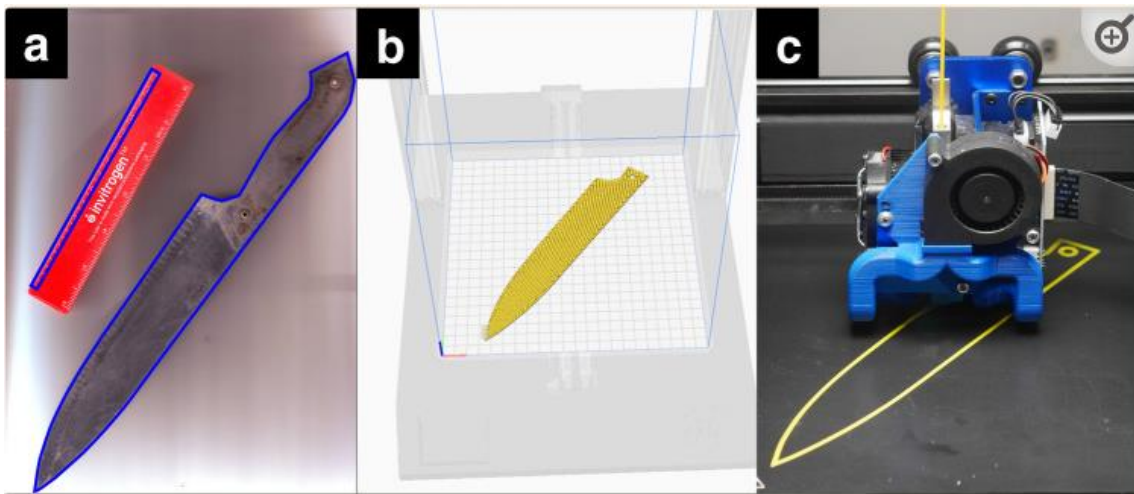
#### **Céltűzések**

Kutatásaim során elsőként azt vizsgáltam, hogy a lehetséges elkövetési eszközök 3D nyomtatással készült másolatának felhasználása alkalmas lehet-e az említett orvosszakértői kérdések objektív megválaszolására. Az alábbi tényezők vizsgálatát tűztem ki célul:

- a másolt kések sérülésbe illesztésével rongálhatók-e a szövetek, az megváltoztathatja-e a boncleletet,
- a másolt kések sérülésbe illesztése segít-e a szúrcsatorna lefutásának vizsgálatában,
- a másolt kések sérülésbe illesztése segítheti-e annak eldöntését, hogy milyen eszközzel okozták a sérülést.

## Anyagok és módszerek

A vizsgálathoz használt késeket méretjelzővel együtt lapscannerrel digitalizáltuk, a pengevastagságot digitális mikrométerrel mértük le. A készült digitális képeket egy vektorgrafikus képszerkesztő software-ben nyitottuk meg, és a penge kontúrjait rögzítettük. A 3D modell elkészítése az exportált openSCAD file-ból Cura software-el történt. A penge élét nem modelleztük, elkerülendő a szövetsérülést. A pengét PLA filamentből készítettük FDM típusú 3D nyomtatóval. A penge vastagságát a nyomtatás után digitális microméterrel, a penge további méreteit digitális tolómérővel ellenőriztük. A penge hosszában és magasságában 0,4 mm, a penge vastagságban 0,05 mm volt a legnagyobb méreteltérés. A kézi szűrásvizsgálatokhoz a pengére 3D nyomtatással készítettünk markolatot.



A pengék 3D nyomtatása: Scannelés (a), digitális modell készítés (b), 3D nyomtatás (c)

### *Kézi szűrásvizsgálatok ballisztikus gélen*

A beilleszthetőség vizuális vizsgálata céljából az eredeti késsel ballisztikus gélen szúrt sérüléseket hoztunk létre nyílrányú és ívelt (kaszáló jellegű) szúrómozdulattal. A szűrés után a gél felszínének szintjében a késre jelölést helyeztünk. Az így készült szúracsatornába a kés másolatát illesztettük, illetve azzal nagyobb erőt alkalmazva megpróbáltuk a létrejött szúracsatorna méretét is megnövelni. Az elért legnagyobb mélységű szűrésnek megfelelően, a gél felszínének szintjében jelölést helyeztünk a pengemásolatra is. Az eredeti és a másolt pengére helyezett jelöléseket összehasonlítottuk.

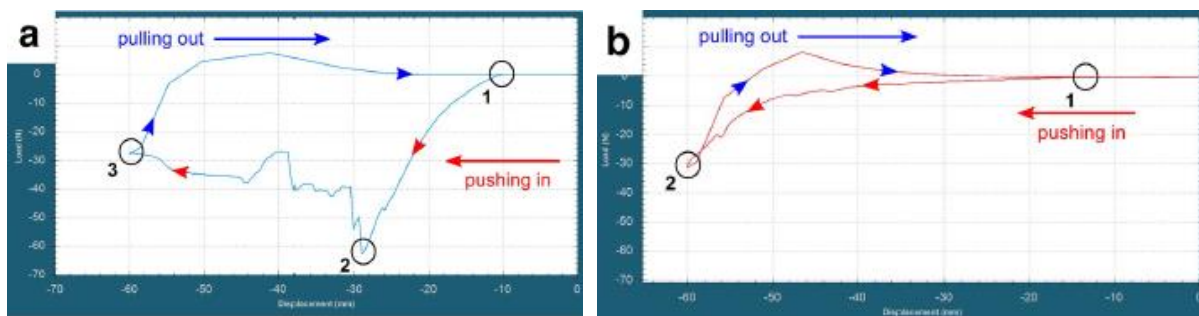
### *Kézi szűrásvizsgálatok bőrös sertéshúson*

A vizsgálatot egy bőrös, csont nélküli sertéskarajon végeztük. A mintába az eredeti kést beszúrtuk, majd a sebrés hosszát digitális tolómérővel mértük le. A szúracsatornába a kés

másolatát helyeztük be, és nagy erőt alkalmazva, nyílrányban, illetve oldalirányban (a sebzug felé) elmozdítottuk a pengét. A sebrés hosszát ismét megmértük, a kapott eredményeket összevetettük.

### *Dinamikus szúrásvizsgálatok*

A dinamikus szúrásvizsgálatokat egy 2,5 kN maximális erejű Mecmesin MultitTest-dv motorizált tesztállvány, és egy arra kapcsolt MecMesin AFG-500 digitális erőmérő segítségével végeztük. A szúróerő 2,5 kN (250 kg) volt, a kiindulási késhegy-célpont felszín távolság 10 mm, a lefelé irányuló elmozdulás (szúráshossz) 60, illetve 75 mm, a szúrási sebesség állandó 100 mm/perc. A műszerhez kapcsolt VectorPro software rögzítette az AFG-500 által mért erőt az idő és elmozdulás függvényében. A sertésmintán az eredeti késsel szúrt sérülést hoztunk létre, majd a kés másolatát, illetve egy túlméretezett másolatát is beleszúrtuk a mintába azonos mélységig (60 mm elmozdulás). A vizsgálatot ismételtük olyan módon, hogy a másolatokat nagyobb mélységig (75 mm) szúrtuk be. A sebrés hosszát minden esetben digitális tolómérővel lemértük.



A pengék szúrása közben rögzített görbe az eredeti (a) és a másolt (b) penge esetén. A nyíl mutatja a görbe rajzolási irányát (piros nyíllal a beszúrás, kék nyíllal kiemelés), az (1) jelölés a penge és a mintafelszín érintkezési pontját, a (2) jelzi a maximális erőt, a (3) a maximális vertikális elmozdulást.

### *A penge azonosítását célzó modellkísérlet*

A modellkísérlet céljából 6 konyhakésnek készítettük el a másolatát 1-6 közötti sorszámozással. Sertéskarajon 7 szúrt sérülést készített a késekkel egy, a vizsgálat további részében részt nem vevő személy. A szúrásokat betűkkel (a-g) jelöltük a mintán. Öt további független résztvevőt vontunk be a vizsgálatba, hogy a késmásolatok beillesztésével próbálják eldönteni, hogy melyik kés hozhatta létre az adott szúrt sérülést – „valószínű”, „lehetséges” és „kizárt” besorolást alkalmazva. Az eredményeket khi-négyzet próbával vetettük össze az online GraphPad QuickCals programot alkalmazva (<https://www.graphpad.com/quick-calcs>).

## **Eredmények**

### *Kézi szúrásvizsgálatok ballisztikus gélen*

A ballisztikus gélen végzett vizsgálatok során a másolat pontosan beilleszthető volt a sérülésbe, és csak igen nagy erőbehatással volt lehetséges a szúracsatorna megnövelése, mely a vizsgáló számára egyértelműen elkülöníthető a „beillesztéstől”. A szúrás mélységét tekintve az eredeti és a másolt késeken alkalmazott jelölések megegyeztek.

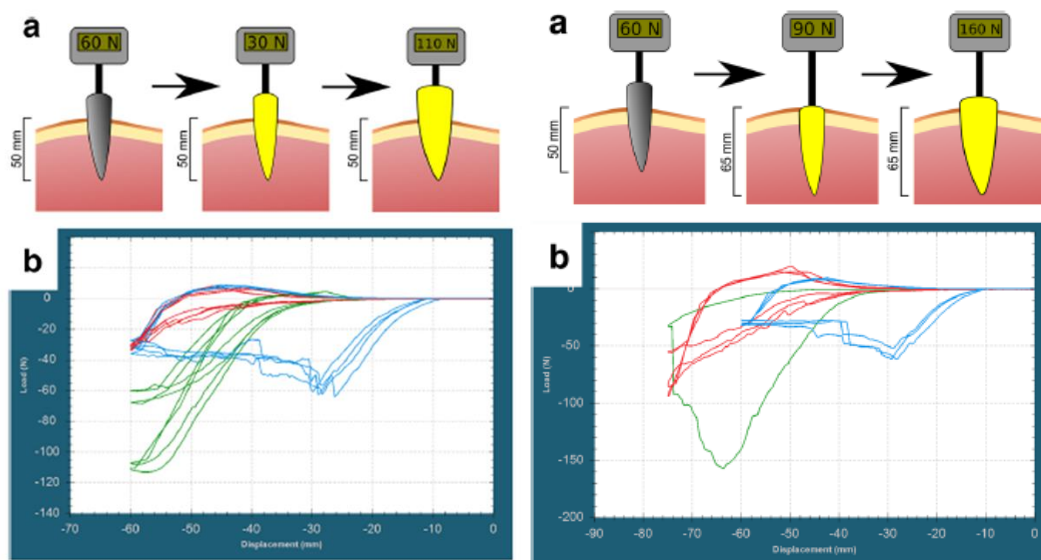
### *Kézi szúrásvizsgálatok bőrös sertéshúson*

Maximális oldalirányú erő alkalmazásával az eredeti késsel ejtett sebrés hosszát a másolt pengékkel átlagosan 0,48 mm-el lehetett megnövelni (0-0,61 mm) (4. táblázat).

### *Dinamikus szúrásvizsgálatok*

Az átlagos legnagyobb erő az eredeti pengével 63,3 N (62,2-64,33 N) volt, mely a bőrön való áthatoláskor (penetrációkor) lépett fel, majd ezt követően a terhelés 30-40 N között változott. A maximális elmozdulásnál (60 mm) az átlagos terhelés 32,1 N (27,4-36 N) volt. A szúracsatorna hossza 34-36 mm között volt. A kés másolatával történő szúrás esetén a terhelés 1 és 5 N között mozgott (átlagosan 3,8 N 40 mm-es elmozdulásnál). A szúracsatorna végének elérésénél a terhelés gyorsan növekedett, és átlagosan 32,88 N-t (31,5-33,9 N) ért el 60 mm-es elmozdulásnál. Az átlagos terhelés 40 mm elmozdulásnál 20,2 N (14,7-2,9 N) volt, a maximális terhelés pedig 87,75 N (62,5-113,2 N).

A második mérési sorozatban az átlagos legnagyobb erő az eredeti pengével 59,3 N (52,9-62,66 N) volt, mely a penetrációkor lépett fel, majd a szúrás további folyamatában a terhelés 30-40 N között változott. A maximális elmozdulásnál (75mm) az átlagos terhelés 38,7 N (33,9-44,2 N) volt. A szúracsatorna mélysége 33-34 mm volt. A kés másolatával történő szúrás esetén a terhelés 1 és 5 N között mozgott (átlagosan 5,5 N 40 mm-es elmozdulásnál). A szúracsatorna végének elérésénél a terhelés gyorsan növekedett, és 60 mm-es elmozdulásnál a penge elhajlott. 60 mm-es elmozdulásnál az átlagos terhelés 37,95 N (N), 75 mm-es elmozdulásnál 78,8 N (56,9-94,2 N) volt. A nagyobb méretű, 2-es jelzésű késsel történő szúrásnál a sebzugok elérésekor a kés meghajlott, majd 63,3 mm-es elmozdulásnál elkezdett törni, a teljes törés 74 mm-es elmozdulásnál következett be. A terhelés 60 mm-es elmozdulásnál 140,8 N, a maximális terhelés (63,63 mm-nél) 157,8 N volt.



A dinamikus szúrásvizsgálat során rögzített görbék 60 mm-es elmozdulásnál. Kék: eredeti kés, piros: eredeti kés 3D nyomtatással készült másolata, zöld: túlméretez 3D nyomtatott késmásolat

A dinamikus szúrásvizsgálat során rögzített görbék 75 mm-es elmozdulásnál. Kék: eredeti kés, piros: eredeti kés 3D nyomtatással készült másolata, zöld: túlméretezett 3D nyomtatott késmásolat.

#### *A penge azonosíthatóságát célzó modellkísérlet eredményei*

Az azonosítási kísérlet során vizsgáltuk, hogy a résztvevők egy adott sérülés okozására melyik kést tartották valószínűnek, lehetségesnek, és melyik kést kizártak. Összegezve az eredményeket, a sérülést ténylegesen okozó kést 23 alkalommal „valószínű” megjelöléssel, 12 alkalommal „lehetséges” megjelöléssel látták el a résztvevők, téves kizárás nem történt. A csoportok közötti különbség statisztikailag szignifikáns volt ( $p < 0,0001$ ).

#### **Eredményeink**

Az előzőekben bemutatott módszer gyors és költséghatékony (egy 3D nyomtató ára 80-100.000 forint, az egy nyomtatásra jutó költség egy kés méretű tárgy esetén legfeljebb néhány száz forint). A ballisztikus gélen végzett kísérletek igazolják, hogy a másolat a szúracsatornába pontosan és jól beilleszthető, továbbá azt is, hogy a szúracsatorna méretét a másolattal nagy erő alkalmazása nélkül nem lehet megváltoztatni. A sertéskarajon végzett kézi szúrások eredményei is ezt támasztják alá: a sebrést még nagy erő alkalmazásával sem lehet érdemben meghosszabbítani a másolatokkal. A dinamikus szúrás vizsgálatok során a szúracsatorna méreteinek megváltoztatása csak igen nagy erő alkalmazásával lehetséges, és eközben a másolt kés elgörbül, illetve törik.

A modellkísérletünk eredményei alapján a módszerrel megfelelő eredmény érhető el a szúrt sérülést előidéző penge azonosításakor, a téves kizárás pedig biztonsággal elkerülhető. A

módszerrel a hasonló alakú és méretű eszközök elkülönítése korlátozott, de megbízható abban az esetben, ha a pengék egymástól jelentősen különböznek. A módszer szintén korlátozott eredményű felületes szűrésok esetén, mivel ilyenkor a szűrőcsatorna nem ad elég információt az azt létrehozó eszközről. A módszer fő korlátját jelenti, hogy a felmerült eszközök rendelkezésre kell állnia a boncoláskor: nem alkalmazható, ha feltételezett elkövetési eszközt nem találtak.

*Eredmények rövid összefoglalása:*

- a másolt kések alkalmazása biztonságos, nem roncsolja a szöveteket;
- a másolt késekkel a DNS kontamináció teljes biztonsággal elkerülhető;
- a másolt késekkel a szűrőcsatorna lefutása jól demonstrálható;
- a másolt kések alkalmasak a kés beilleszthetőségének vizsgálatára.

### **A módszer mindennapi rutinban történő alkalmazása**

A fent részletezett eredmények alapján a PTE ÁOK IOI az elkövetési eszközök 3D nyomtatással készült másolatainak boncolás során történő felhasználását bevezette a mindennapi rutin gyakorlatba. Megfelelő méretjelzéssel ellátott fényképek esetén a digitális 3D modell a fényképfelvételek alapján is elkészíthető, így nem szükséges az eszköz hatóságtól történő beszerzése és boncterembe szállítása. A módszer továbbá nem csak kések, hanem egyéb elkövetési eszközök esetén is hasznos kiegészítője a boncolásnak.

### **V. A szúrt sérülések vizsgálatának módszertana, a szűrés mechanikája**

A szűrés mechanikája alatt a komplex szűrés folyamatot értjük, mely jellemezhető a késtartással, a szűrés irányával, a szűrés sebességgel, a szűrés erővel, energiával, valamint a lendülettel (nyomaték). A szúrt sérülések mechanikájának vizsgálatára nincs egységes eljárás és bár számos módszer létezik, de ezek különböznek a vizsgálóműszer, illetve a vizsgálati célpont tekintetében is. A szűrésok szimulálásának két fő csoportja az állandó sebességet alkalmazó-, illetve a dinamikus módszerek. Az állandó sebességet alkalmazó módszerek esetén a vizsgálati eszköz a pengét állandó, meghatározott sebességgel mozgatja, míg dinamikus vizsgálómódszerek esetén a mérőműszer egy speciálisan kialakított késben található vagy a pengét egy ejtőtoronyba helyezik, és azt a hozzá kapcsolt súly mozgatja (ejti) gyorsulón lefelé az alul elhelyezett mintába. A szűrés tesztek során célpontként boncolásból származó humán bőrminta, állati (többnyire sertés) bőrminta, valamint mesterséges bőr szimuláló anyagok (pl. szilikongumi, poliéter habszivacs, zselatin, modellező gyurma) jöhetnek szóba.

A szakirodalmi adatok alapján a szúrás sebessége átlagosan 5-8 m/s közé tehető, e tekintetben az egyes szerzők között lényeges eltérés nincsen és a szúrás energiájában – a szúrás technikáját, eszköz jellegét is figyelembe véve – sem mutatkozik jelentős különbség. A szúrási erő tekintetében ugyanakkor az egyes közleményekben szereplő adatok között jelentős, sok esetben nagyságrendbeli különbség van, mely arra utal, hogy a szúrási erő mértékében a szúrás célpontja is meghatározó szerepet játszik. A szúrt sérülés létrehozásához szükséges erő mértékét jelentősen meghatározzák a sérülést létrehozó eszköz pengéjének, különösen a hegyének jellemzői. A penetrációhoz szükséges erőt az eszköz hegyessége mellett a szúrás sebessége, energiája, a szúrás technikája, az adott testtájék anatómiai felépítése, illetve a ruházat is befolyásolja. A szúrt sérülésekkel kapcsolatos szakértői véleményezés során az erőbehatás nagyságát leggyakrabban az okozott seb jellege, súlyossága, mélysége alapján határozzuk meg, az erő mértékének objektív megállapítására nincsen mód, így a véleményezésnél is szubjektív kategóriák, mint a „kis”, „közepes” és „nagy” erőbehatás fogalma szerepel.

Bár a szúrt sérüléseket legtöbbször késsel követik el, ritkábban egyéb eszközök is alkalmazásra kerülnek. Nagyon kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre az ilyen eszközökkel történő szúrás mechanikájáról, és a szúráshoz szükséges erőről annak ellenére, hogy a más típusú, de hegyvel rendelkező eszközök is képesek lehetnek súlyos sérülést okozni, akár a koponyaűrbe is behatolni.

## **VI. A különböző típusú hegyvel és/vagy éllel bíró eszközök penetrációs képességének kísérletes összehasonlítása**

### **Célkitűzések**

A szakirodalmi adatok áttanulmányozása során arra jutottam, hogy az egyes eszközök penetrációs képességének és a szúrt sérülés létrehozásához szükséges erő mértékének megállapításához nincs elegendő adatunk. Az eltérő vizsgálati módszerek, illetve vizsgálati célpontok pedig igen nagymértékben befolyásolják az eredményeket. Az egyes eszközök fizikai paramétereinek leírása szintén nem egységes, így az egyes eszközök objektív összehasonlítására sincs elegendő adatunk. Mindezek miatt célul tűztem ki egy olyan vizsgálati módszer kifejlesztését, amely segítségével a különböző eszközök penetrációs képességére vonatkozóan olyan objektív adatok nyerhetőek, melyek alkalmazhatóak lehetnek a mindennapi forenzikus gyakorlatban. Kutatásom célja annak objektív módon történő összehasonlítása volt, hogy egyes, háztartásban rendelkezésre álló eszközök *egymáshoz képest* milyen potenciális szúróképességgel rendelkeznek.

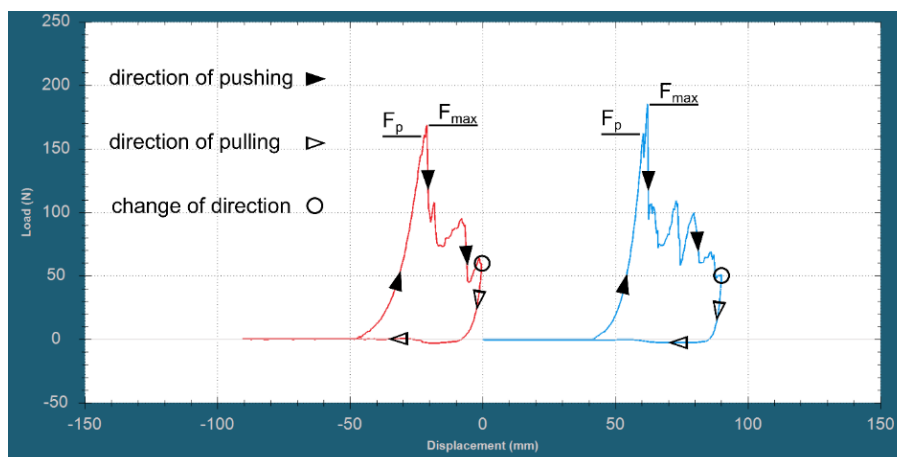
## Anyagok és módszer

A vizsgálat céljára 12, a háztartásban előforduló, de egymástól jelentősen különböző eszközzel végeztem szúráseszteket, melyekhez

- három eltérő típusú *kést* (1-3.számú eszközök), *vajazókést* (kenőkést) (4. számú eszköz), *ollót* (5. számú eszköz), *villát* (6. számú eszköz), három különböző típusú *csavarhúzót* (7-9. számú eszközök), *kerek reszelőt* (10. számú eszköz), *dugóhúzót* (11. számú eszköz) és *szikét* (“tapétavágó”) (12. számú eszköz) használtam.

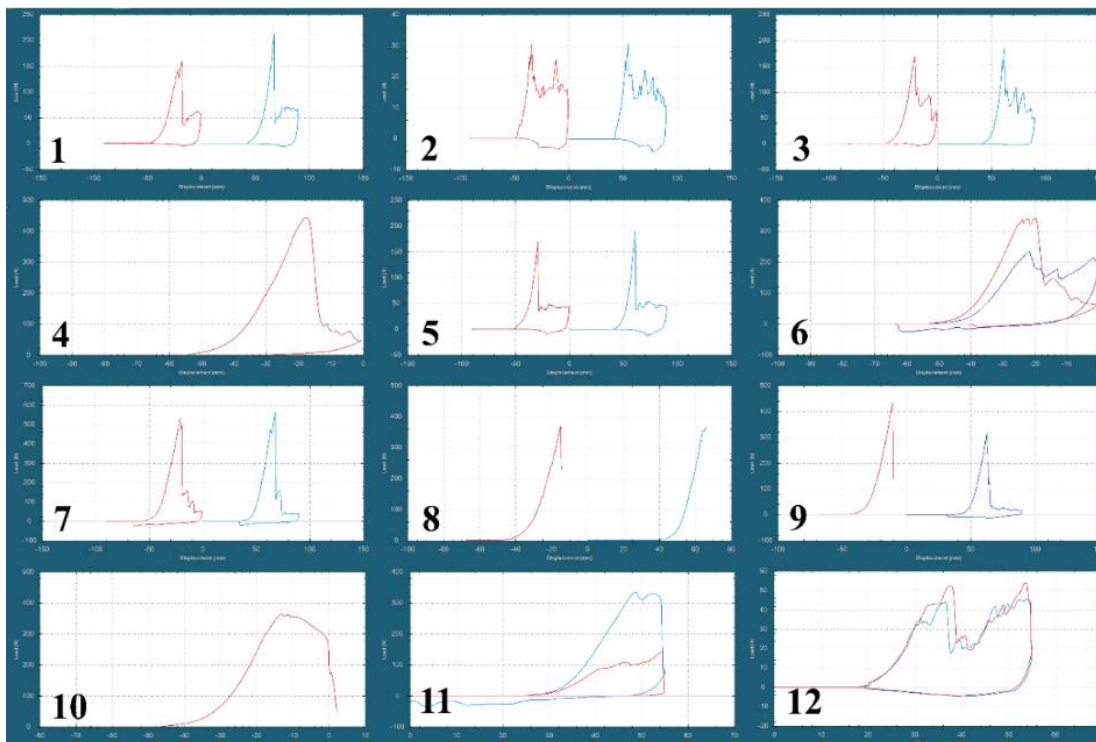
A 2-es számú fogazott kés kivételével az alkalmazott kések mind egy élű pengével rendelkeztek. Az egyes eszközök paramétereinek objektív meghatározásához a kések esetén a szakirodalom által javasolt jellemzőket vettem alapul (azaz hegy szög /”tip angle”/, hegy sugár /”tip radius”/, élszög /”cutting edge angle”/), valamint ezen paramétereket alkalmaztam a további eszközök leírására is. Az eszköz paraméterek meghatározásához digitális tolómérőt és digitális szögmérőt használtam. A hegyátmérő meghatározásához a pengét Cannon MG5750 scanner segítségével digitalizáltam, és Gimp képszerkesztő segítségével méretarányos kört illesztettem fölé. A szúrásesztre Mecmesin MultiTest-dV automata anyagvizsgáló készüléket használtam, melynek során 1000 mm/perc sebességet alkalmaztam 90 mm-es függőleges elmozdulás mellett. Az eszközök pengéit Mecmesin Vice Grip segítségével rögzítettem a műszerhez. A szúrás közben a pengén érvényesülő erőt erőmérő cella segítségével mértem. Az erő/elmozdulás görbét az eszközhöz kapcsolt számítógép Mecmesin VectorPro MT szoftver rögzítette. A szúrás célpontjaként friss bőrös sertéshúst választottam, illetve a módszer megbízhatóságának vizsgálata céljából ballisztikus gélt alkalmaztam. A sertésbőrön két próbaszúrást, míg a ballisztikus gélen minden eszközzel 3 próbaszúrást végeztem.

Az eszközök bőrfelületen való áthatolását (penetráció,  $F_p$ ) a görbe alapján határoztam meg (a görbén látható esés határozta meg az értéket), illetve rögzítettem a maximális erőt ( $F_{max}$ ). A kapott mérési eredményeket táblázatokban összegeztem.



## Eredmények

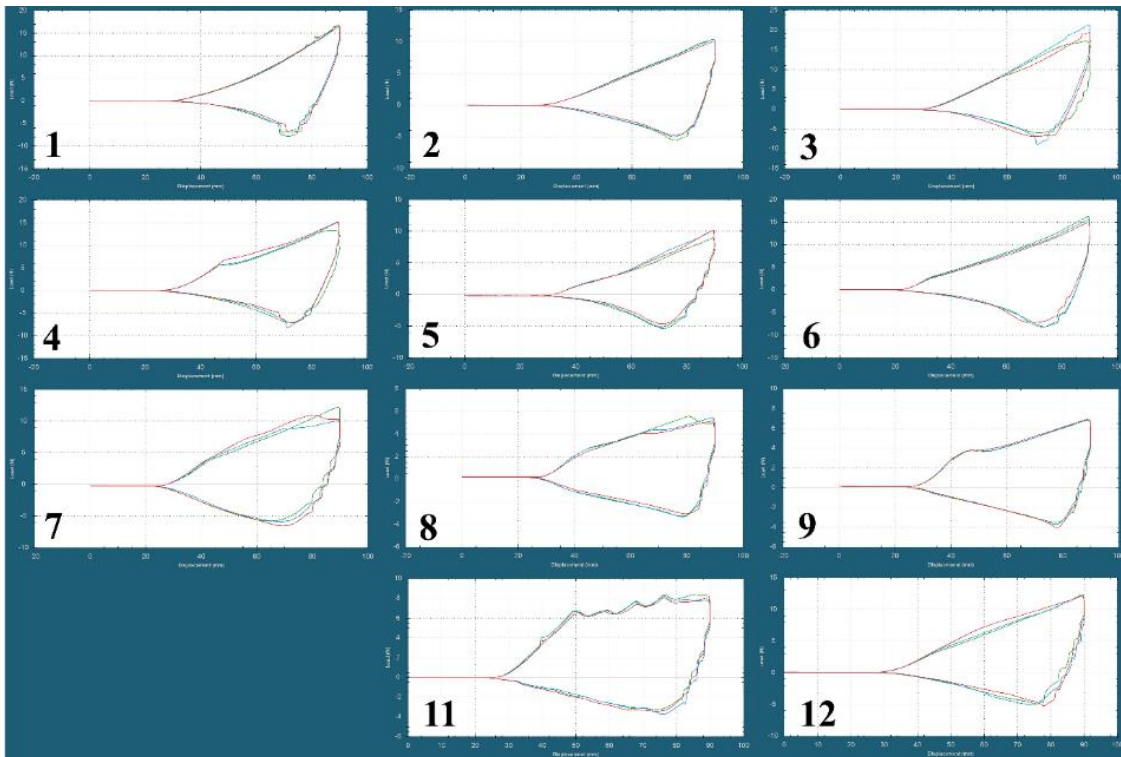
A mérések során a sertésminta esetén a késeknél (1-3, 12) az  $F_{max}$  30,56 – 212,07 N között, az olló esetén 171,39 – 190,43 N között, a csavarhúzóknál 314,51-562,5 N között, a tapétavágó szike esetén 44,14-56,62 N között volt. A penetrációs erő sertésmintán a késeknél 25-162 N között, az ollónál az  $F_{max}$ -al azonos, 171,39 – 190,43 N között, a csavarhúzóknál 241,34-473,2 N között, a tapétavágó szikénél 36,05-37,77 között adódott. A vajazókés nem tudott áthatolni a sertésbőrön; az ívelt villa elgörbült az első szúrásnál ( $F_{max}$  342 N elérésekor), így ezzel az eszközzel a továbbiakban kiegyenesítve történtek a szúrások. A kiegyenesített villával az  $F_{max}$  és  $F_p$  értéke 233 N volt. A reszelő nem tudott áthatolni a sertésbőrön és eltört (így további mérések nem voltak végezhetőek). A 2-3-as késekkel történő szúrások esetén a görbék lefutásán azonosítható a fogazottság hatása: az  $F_{max}$  értéket követő zuhanás után a szúrási erő mértéke „oszillált” annak megfelelően, ahogy a penge fogai a szövetbe hatoltak. A tapétavágó szike esetén két, csaknem azonos csúcs látható. Az első csúcs a penge szövetbe hatolásakor keletkezett, míg a második csúcsot a penge hátoldalán látható apró félkörívszerű benyomódás hozta létre, amint az éllel átellenes sebzugba beleakadt.



A bőrös sertéskaraj szúrása során rögzített görbék. Az egyes számok jelzik az egyes késeket.

A *ballisztikus gélen* végzett szúrások során a görbék lefutása az azonos pengék esetén azonos, a mért értékek szórása alacsony volt. A mért  $F_{max}$  értékek egy nagyságrenddel kisebbek voltak, mint a sertésbőr szúrása esetén. A kések esetén az  $F_{max}$  10,04-21,38 N között, az olló esetén

8,95-10,15 N között, a csavarhúzóknál 5,14 és 12,2 N között, a dugóhúzóknál 8,03-8,38 N között volt. Az 1-3. sorszámú késekkel, az ollóval, a laposcsavarhúzókkal, valamint a tapétavágó szikével történő szúrások esetén az  $F_p$  és  $F_{max}$  azonos volt, a többi eszköz esetén azonban a görbe megtörése alapján ( $F_p$ ) az anyag folytonossága megszakadt az eszköz teljes mintába történő hatolását megelőzően ( $F_{max}$ ). A vajazókés esetén a görbén látható kezdeti megtörés a gél kompressziójakor keletkezett, majd a penetráció alatt az erő csökkent ( $F_p$  65,6-6-86 N között), és ezután egy lineáris emelkedés volt látható a súrlódás következtében. Hasonló effektus a pozidriv csavarhúzó esetén volt megfigyelhető. Az 5-8 eszközök esetében (olló, villa, laposfejű csavarhúzó) is látható volt a kezdeti megtörés a penetrációt megelőzően, ezután azonban a csökkenés elmaradt, és az erő lineárisan emelkedett az  $F_{max}$  eléréséig (melyet magyarázhat, hogy a végük inkább tompa eszköznek felel meg). A dugóhúzó esetén két  $F_p$  érték került elkülönítésre. Az első megtörés jelezte az első  $F_p$  értéket, azután az első csúcs a második  $F_p$  értéket, ezt követően azonban minden csavarment mintába hatolásánál az előzőt meghaladó mértékű erő volt mérhető a görbe csúcsain (az utolsó, legmagasabb csúcs alapján határoztuk meg az  $F_{max}$  értéket).



A ballisztikus gél szúrása során rögzített görbék. Az egyes számok jelzik az egyes késeket.

## Következtetések és megbeszélés

1. Az alkalmazott módszer az egyes eszközök szúráspotenciáljának összehasonlító vizsgálatára alkalmas (a reprodukálhatóságot a görbék hasonlósága, illetve a ballisztikus gél szúrások eredménye támasztja alá);
2. a görbék alapján a bőrön történő áthatoláshoz szükséges a legnagyobb erő, a szúracsatorna hossza alapján tehát nem vonható le következtetés a szúrás erejére vonatkozóan;
3. az eszközök jellemzői jelentősen befolyásolják a penetrációhoz szükséges erőt;
4. a kések általában kisebb erőt igényelnek a szúrt sérülés létrehozásához; az adott ollóval történő szúrás hasonló nagyságrendű erőt igényel; a csavarhúzóknak viszont jóval nagyobb erőt igényelnek (a tompább fejű csavarhúzóknak az emberi fizikai erő kifejtés határán lévőt), a vajazókés nem alkalmas szúrt sérülés létrehozására;
5. a hegyesebb eszközök bőrön történő áthatoláshoz szükséges a legkisebb erő, és minél tompább az eszköz vége, annál nagyobb a penetrációhoz szükséges erő;
6. a kések közül a háromszögű hegyben (triangulárisan) végződő 2-es eszköz rendelkezett a legmagasabb szúrési potenciállal;
7. csavarhúzóknak esetén a laposfejű csavarhúzóknak közül a nagyobb frontális felülettel rendelkezőnél (7-es  $10,19 \text{ mm}^2$ ) jóval nagyobb, csaknem másfél-kétszeres erő kellett a penetrációhoz sertésbőrön és gélen is, mint a legkisebb eszköz (8-as  $3,49 \text{ mm}^2$ ) esetében;
8. a sertésbőrön történt próbaszúrások közötti enyhe eltérés a szövetek biológiai variabilitásának szerepét jelzi (ballisztikus gél esetén a görbék átfedik egymást).

A kapott eredmények közvetlen forenzikus alkalmazásának korlátját jelenti az alacsony mintaszám, illetve a szúrásmechanika is. A vizsgálatok során célpontként friss bőrös sertéskarajt használtunk, ugyanakkor a biomechanikai tulajdonságokban fennálló eltérések nem teszik lehetővé az eredmények emberi szövetekre történő számszerű alkalmazását. Az alkalmazott szúrásmechanika is eltér a valóságos szúrásokétól, elsősorban a szúrési sebesség terén: amíg a valós szúrások sebessége 5-10 m/s, addig a kísérletben 1000 mm/perc (0,016 m/s) sebesség volt csak kivitelezhető a műszer korlátjai miatt. Az egyes eszköztípusok összehasonlítása, azoknak a szúrt sérülés létrehozására való alkalmassága tekintetében azonban a gyakorlatban is használhatók az eredményeink.

## VII. A kések pengejellemzőinek hatása a szúráshoz szükséges erő nagyságára

A következő vizsgálattal arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a kések pengéjének mely jellemzői és milyen mértékben befolyásolják az eszközök penetrációs potenciálját.

### Célkitűzések

- annak a vizsgálata, hogy az eltérő élkialakítás befolyásolja-e a szúráshoz szükséges erőt, illetve a szúrás mechanikáját.

*Nullhipotéziseim a következők voltak:*

- a penge jellemzői közül elsősorban a hegy sugara, majd a hegy szög befolyásolják a legnagyobb mértékben a szúrt sérülés létrehozásához szükséges erőt;
- az él kialakítása a penetrációhoz szükséges erőt nem befolyásolja érdemben, azonban az erő/elmozdulás görbék lefutását igen.

### Anyagok és módszer

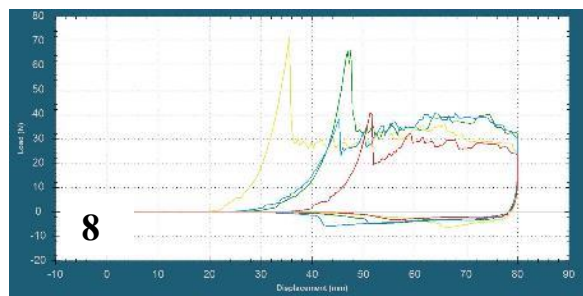
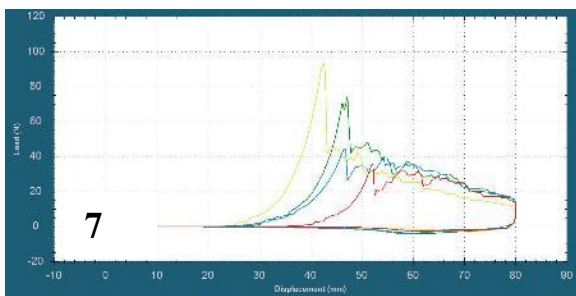
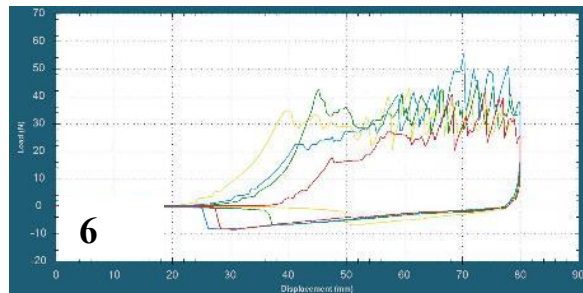
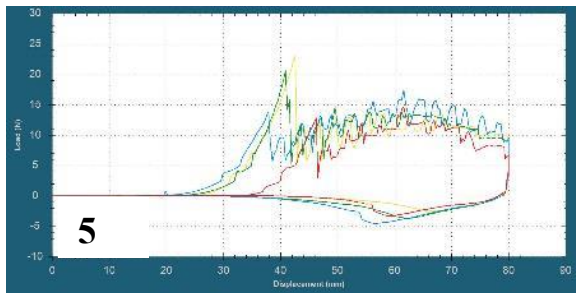
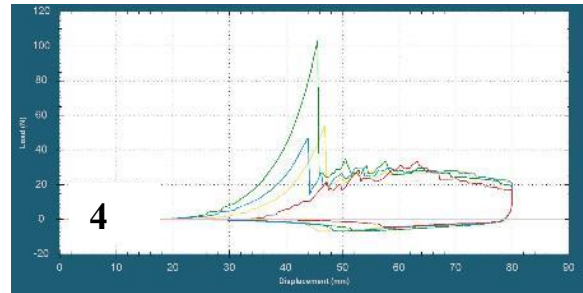
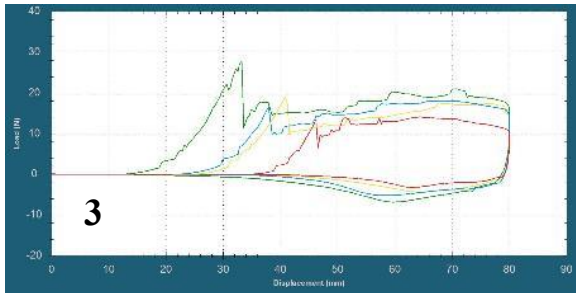
Tizennyolc, a háztartásban használt kést választottam a vizsgálathoz, melyek markolatát teljesen és a pengék markolathoz közel eső részéből annyit eltávolítottam, hogy a pengék hossza egységesen 120 mm legyen. Három pengét (15-16-17. számú) ezt megelőzően már az előzőekben leírt kísérletemnél is alkalmaztam. Az eszköz paraméterek – hegy sugár, hegy szög, penge hossz, penge maximális magasság, maximális vastagság, élszög - meghatározását az előző kísérletemben leírt módszer szerint végeztem. A vizsgálatra – az előző kísérlettel megegyező módszer szerint - automata anyagvizsgáló készüléket alkalmaztam, 1000 mm/perc sebesség és 80 mm-es függőleges elmozdulás mellett. A szúrás célpontjaként bőrös sertéskarajt használtam, 50-60 mm közötti vastagsággal, minden pengével 4 próbaszúrás történt.

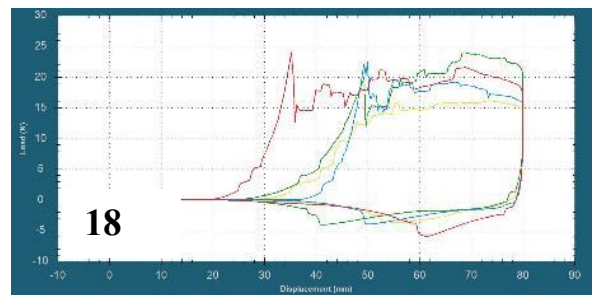
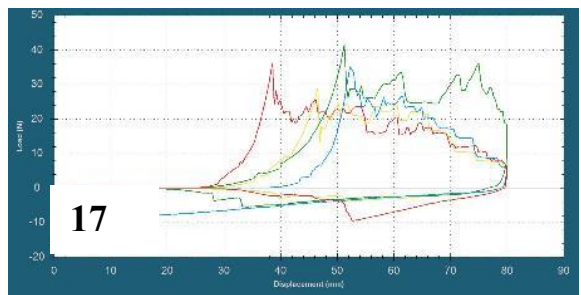
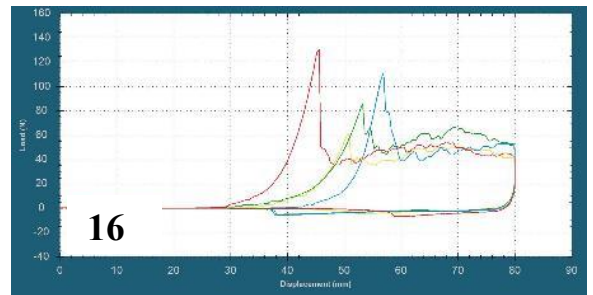
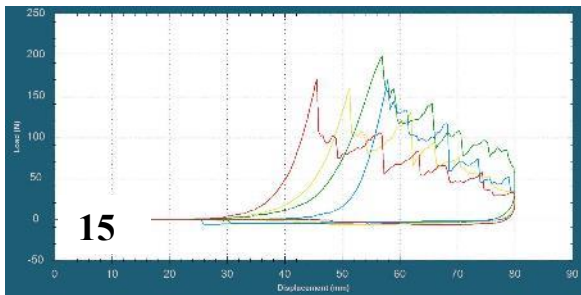
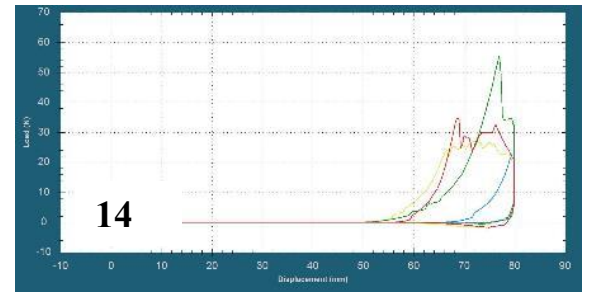
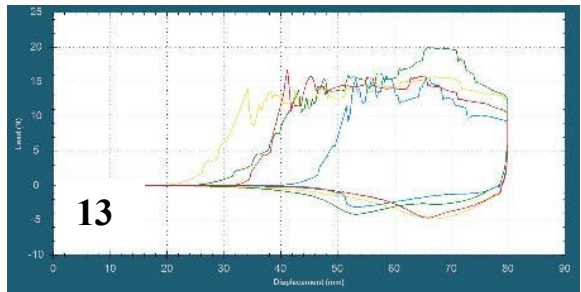
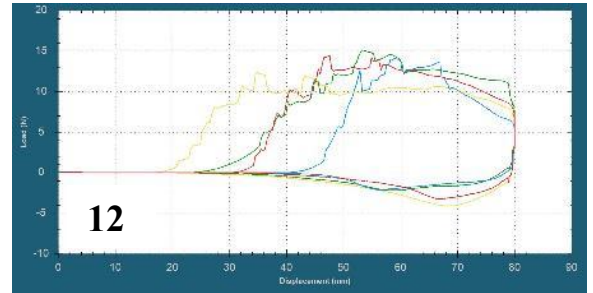
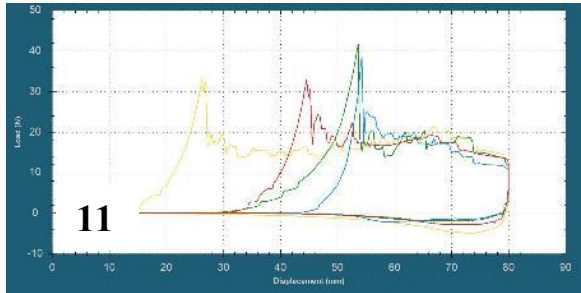
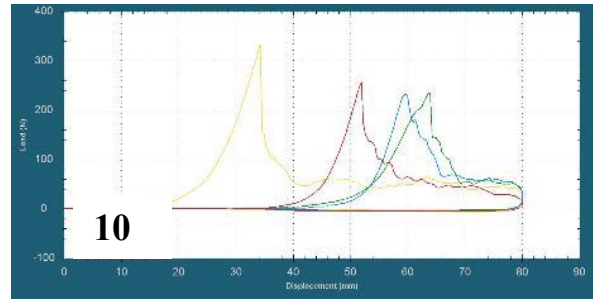
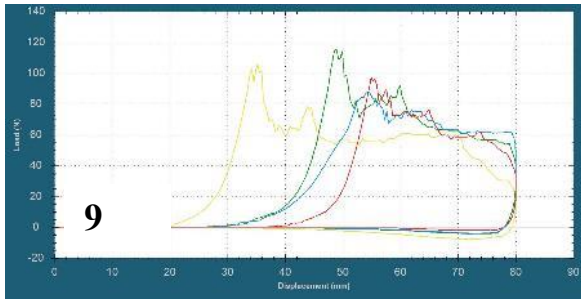
### Eredmények

Az átlagos maximális szúráserő ( $F_{max}$ ) 14,07 – 265,22 N között volt (az értékek az összes szúrást figyelembe véve 12,02 – 334,53 N közöttiek), a legrosszabb szúrási képességgel rendelkező kés (10. számú) esetén a szúrási erő 15-20-szorosan meghaladta a legjobb szúrási erővel rendelkező kését (12. számú). A két kés ugyanabból a késkészletből származik, a penge jellemzőik közül a hegy sugarban azonban jelentős különbség van: míg a 10-es számú késnek az összes vizsgált kés közül messze a legnagyobb (1,04 mm) a hegy sugara, addig a 12. számú kés hegyesszögű (trianguláris). A 10-es kés pengevastagsága szintén jelentősen nagyobb (1,78 mm vs. 1,17 mm).

Eszköz szám	Erő (N)	Szúrás szám				Átlag	Szórás
		1	2	3	4		
1	F <sub>max</sub>	27,70	31,14	35,03	25,18	29,76	4,27
2	F <sub>max</sub>	14,91	22,63	22,20	33,27	23,25	7,55
3	F <sub>max</sub>	14,08	18,04	27,66	19,02	19,7	5,72
4	F <sub>max</sub>	33,67	47,06	103,28	54,42	59,60	30,35
5	F <sub>max</sub>	14,65	17,48	20,59	22,98	18,92	3,63
6	F <sub>max</sub>	41,88	55,35	42,45	42,99	45,66	6,47
7	F <sub>max</sub>	35,25	44,72	74,88	93,72	62,14	26,99
8	F <sub>max</sub>	40,20	39,92	66,08	71,44	54,41	16,71
9	F <sub>max</sub>	97,08	87,84	115,71	105,91	101,6	11,93
10	F <sub>max</sub>	257,90	233,20	235,28	334,53	265,22	47,53
11	F <sub>max</sub>	32,00	38,69	41,73	33,01	36,35	4,63
12	F <sub>max</sub>	14,44	14,27	15,17	12,42	14,07	1,17
13	F <sub>max</sub>	16,74	15,87	19,83	14,08	16,63	2,40
14	F <sub>max</sub>	34,92	22,89	55,50	26,81	35,03	14,53
15	F <sub>max</sub>	170,62	169,55	198,07	158,64	174,22	16,79
16	F <sub>max</sub>	130,57	111,26	85,83	60,19	96,96	30,60
17	F <sub>max</sub>	36,11	35,21	41,61	28,84	35,44	5,23
18	F <sub>max</sub>	24,04	22,49	23,93	16,13	21,64	3,74

A mérési eredmények összegzése





A vizsgálat során rögzített görbék (számmal jelölve a pengék sorszámát): Az első mérési sorozat piros; második mérési sorozat kék, harmadik mérési sorozat zöld, negyedik mérési sorozat sárga színnel jelölve.

A fogazott kések esetén a görbéken az Fmax elérése után jelen kísérlet során is jól azonosítható az oszcilláció az 1, 5, 6, 15 és 16. számú kések esetén; a legkevésbé hegyes, 10-es számú kés esetén ugyanakkor nem látható. Jelen kísérletben nem minden kés esetén lépett fel az erőben érdemi csökkenés a penetráció (Fmax) elérése után, sőt az 1-es kés esetén még minimálisan emelkedett is. Három olyan penge volt, amelyet mindkét kísérlet során vizsgáltam, ezek közül két eszköz (15-ös és 17-es penge) esetén az eredmények megfeleltethetőek egymással, a 16-os kés esetén azonban jelentősen eltérnek. Ez a kés egy kisebb hegyesű, de a többihez képest jóval nagyobb hegysugarú kés volt, mely eltérés utalhat arra, hogy nagyobb hegysugár esetén a célpont jellemzői sokkal jobban érvényesülnek.

### **Statisztikai vizsgálat**

Korrelációs vizsgálattal az Fmax és az egyes pengejellemzők (hegysugár, hegyesség, pengemagasság, pengevastagság, élszög) közötti korreláció vizsgáltam (IBM SPSS .v.26.0.0). Az Fmax és a hegysugár, valamint a pengevastagság között mutatkozott szignifikáns összefüggés (szignifikancia szint  $p=0,05$ ). A hegysugárral való korreláció erősebbnek bizonyult, mint a pengevastagsággal való korreláció. Többszörös regressziós és korrelációs analízist végeztem annak megállapítása céljából, hogy melyik pengejellemző van szignifikáns hatással az Fmax értékre. Ezen vizsgálat során is a hegysugár és a pengevastagság esetén mutatkozott szignifikáns összefüggés az Fmax értékkel ( $p=0,023$ , ill.  $p=0,021$ ).

### **Megbeszélés**

A vizsgálat során rögzített görbéket áttekintve látható, hogy az azonos pengék szúrása közben a bőr – különböző bőrterületek esetén is – azonos módon reagál (ezt a görbék azonos lefutása mutatja), azonban a maximális penetrációs erő jelentős szórást mutat az azonos késsel végzett próbaszúrások esetén is. Az eltérés magyarázata lehet, hogy jelen kísérletben az alkalmazott célpont (sertéskaraj) jóval nagyobb méretű volt, az egyes késekkel végzett négy szúrás egymástól távol helyezkedett el, így ez egyes bőrterületek ellenálló képessége közötti különbség jobban érvényesült. Alátámasztja ezt az előző kísérlet során végzett ballisztikus gél szúrási vizsgálatok eredménye is, ahol a homogén célpont esetén az értékek szórása minimális volt. Mindez azt jelenti, hogy még azonos testtájékon belül is jelentős különbségek lehetnek a bőr ellenálló képességében. A megelőző és a jelen kísérletsorozat eredményeinek összehasonlítása is az eszköz hegyességére, a hegysugár kiemelt szerepére hívja fel a figyelmet.

## VIII. A ruházat szerepe a szúrt sérülések létrejöttében

A sérülések létrehozásához szükséges erőt a ruházat – elméleti megfontolások és a szakirodalmi adatok alapján – is befolyásolhatja. Ennek objektív vizsgálata szintén lehetséges szúrásvizsgálatok segítségével.

### Célkitűzések

Célul tűztem ki egy olyan vizsgálati módszer megalkotását, mely a későbbiekben alkalmas lehet a ruházat szúrást befolyásoló hatásának vizsgálatára.

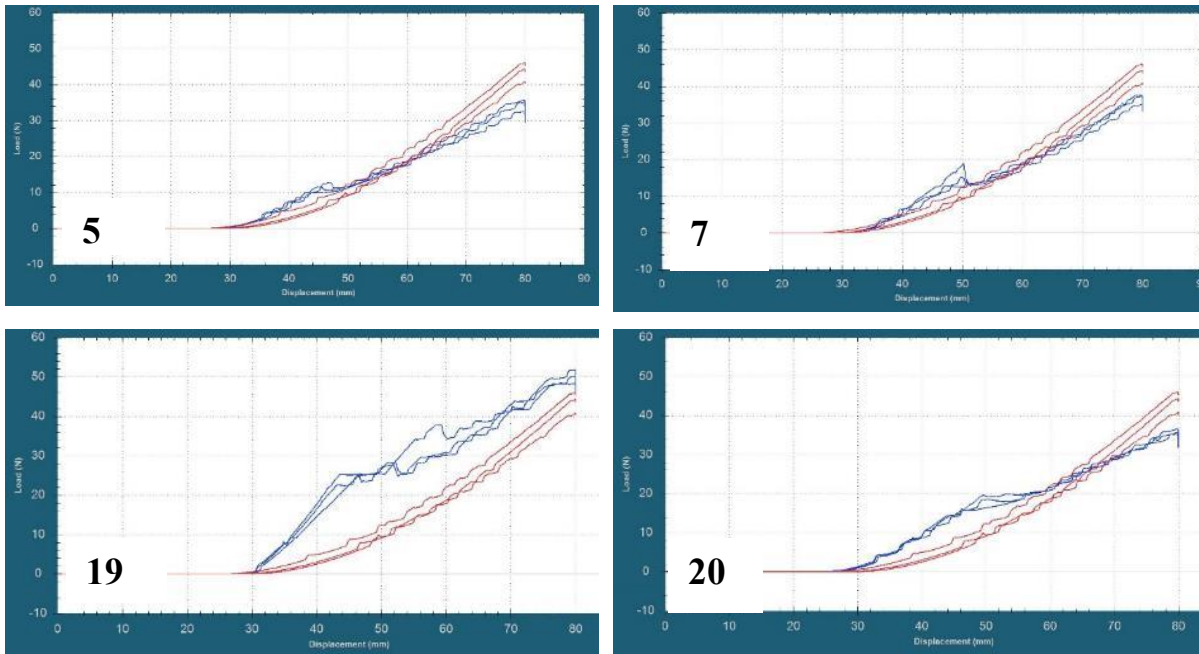
### Vizsgálati anyagok és módszer

A szúrásesztre – hasonlóan az előző kísérletekhez- automata anyagvizsgáló készüléket használtam 1000 mm/perc sebességet alkalmazva szintetikus ballisztikus gél, valamint bőrös sertéskaraj tesztcélpontokon. Szúróeszközként az előző kísérletben használt kések közül három alkalmaztam: az előző kísérletben elért legmagasabb (12. sorszámú), valamint a legalacsonyabb (10. sorszámú) penetrációs képességgel rendelkező pengét, továbbá a 16. sorszámú pengét is. A vizsgálathoz 20 különböző ruhaszövetet választottam, melyek közül 14 hétköznapi viseletből származó ruhaminta, 6 pedig penetrációs vizsgálatokhoz készített, gyártó által validált szövetminta volt. Az összetételt az adott anyagon szereplő jelölés alapján határoztam meg. A mintavastagságot Mecmesin MultiTest-dv motorizált tesztállványhoz kapcsolt MecMesin AFG-25 készülékkel határoztam meg. A 12-es sorszámú késsel három-három szúrást végeztem minden szöveten, mind a ballisztikus gélen, mind a sertéskaraj célponton. A 10-es és 16-os sorszámú késsel csak egy vizsgálatot végeztem az anyagon, amennyiben a szövet folytonossága nem szakadt meg (a szövet begyűrődött a sebrésbe). A 10-es sorszámú késsel - a 16-os késsel előzőleg szerzett tapasztalatok miatt - csak a ballisztikus gél szúrását végeztem el. A VectorPro Software segítségével készült görbéről olvastam le az első penetrációkor fellépő erőt ( $F_p$ ) és a legnagyobb erőt ( $F_{max}$ ), a ballisztikus gél szúrások esetén pedig a szúrás végén fennálló erőt ( $F_v$ ), a pontos mérési eredményeket táblázatokban is összegeztem.

### Eredmények

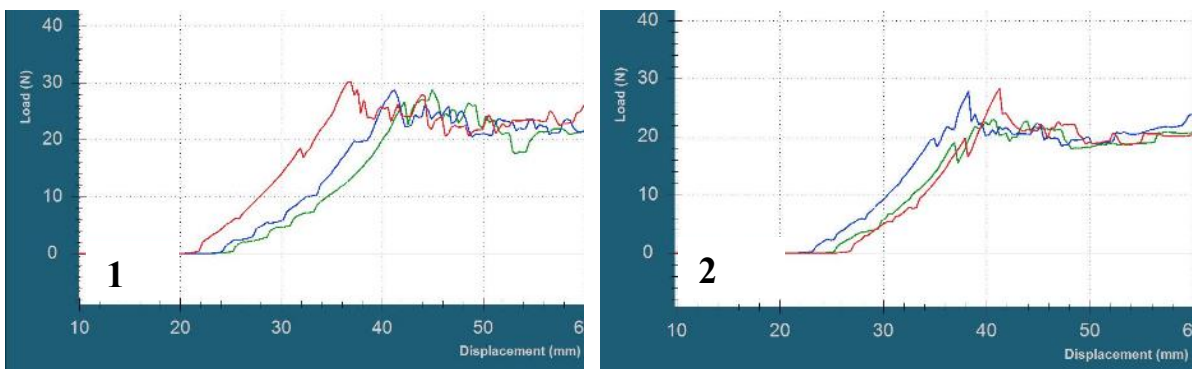
A legnagyobb penetrációs képességgel rendelkező, *12. sorszámú kés* esetén mind a ballisztikus gél, mind a sertéskaraj esetén bekövetkezett a szövetminta teljes penetrációja. A *ballisztikus gél szúrása során* minden esetben a szúrás végén lehetett a legnagyobb erőt regisztrálni ( $F_{max}=F_v$ ) szövet alkalmazása nélkül az átlagos  $F_{max}$  érték 43,70 N volt (40,77 – 46,08 N-44,26 N), míg a szövetek alkalmazása esetén 32,42 N és 57,79 N közötti  $F_{max}$  értékek kerültek rögzítésre. A

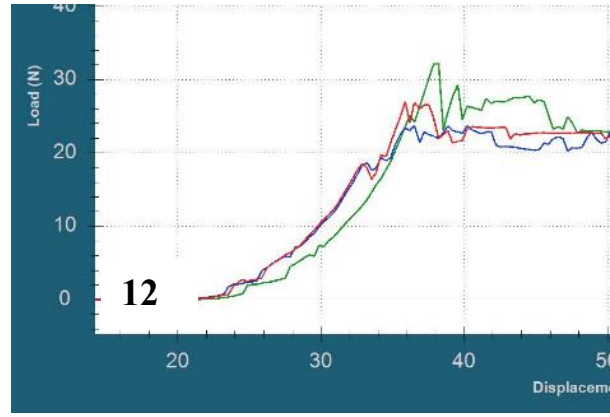
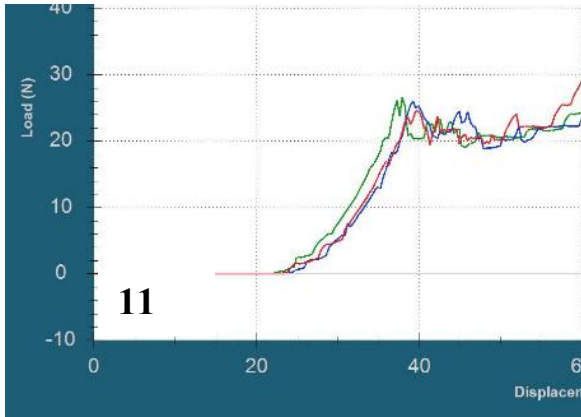
szúrásgörbék lefutása során  $F_p$  értékeknek megfeleltethető átmeneti éles esés a 6,7,12,15,16,17, és 18-as szövetek esetén volt azonosítható (ekkor sem minden szúrás során); egyes szövetek esetén (5, 7, 11, 20) a görbe lefutása kevésbé volt meredek, mint szövet alkalmazása nélkül. A görbe teljes lefutásán érdeemben nagyobb erőt kizárólagosan a 19-es sorszámú vastag (5 uncia) bőrszövet esetén lehetett regisztrálni.



A 12. sorszámú kés ballisztikus gél szúrása során rögzített néhány görbe (5, 7, 19, 20-as számú szövetek). A piros szín a szövet nélküli szúrás, a kék szín a szövet alkalmazásával történő szúrások során rögzített görbéket jelzi.

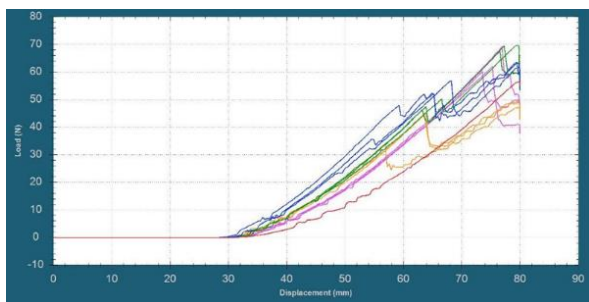
A 12. sorszámú késsel történő sertéskaraj szúrasi görbék többségében két csúc volt azonosítható: egy kisebb erőnél ( $F_p$ ), illetve egy a maximális erőnél ( $F_{max}$ ). Az  $F_p$  érték 14,27 – 31,07 N;  $F_{max}$  érték 18,71 N – 42,86 N között volt. A szúrásgörbék lefutásának jellege a szúrások során megegyezett, illetve az előző (kések szúrasi potenciálját összehasonlító) kísérletben rögzített görbe lefutásával is egyezett.



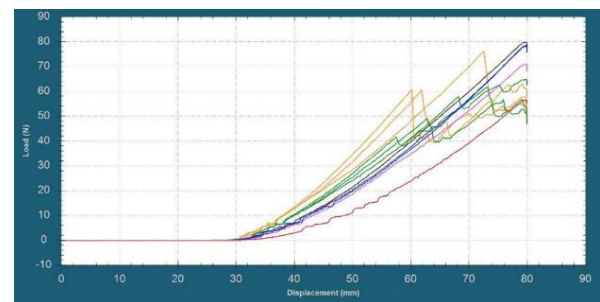


Illusztratív görbék a 12. sorszámú késsel rögzítettek közül (1, 2, 11 és 12-es szövetek). A három szín a három szűrást jelzi (sorrendben: piros-kék-zöld).

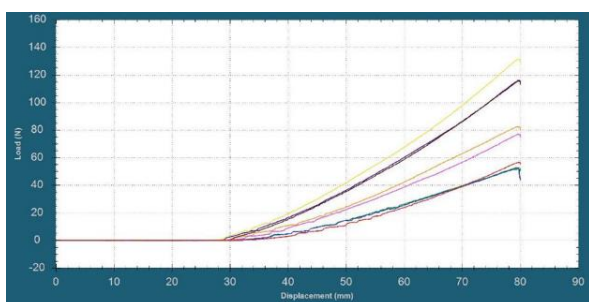
A 16. sorszámú késsel történő ballisztikus gél szűrés során szövet alkalmazása nélkül az  $F_{max}$  érték 56,8 N volt. Szövetek alkalmazása esetén több esetben nem jött létre az anyagon folytonosság-megszakítás. Azoknál a szűrésoknál, ahol létrejött szövetsérülés, ott az  $F_{max}$  érték 47,02 N - 69,59 N között volt. A szűrésok során a 4-es, a 9-es számú szövetet érő szűrésok, valamint a 8. sz. szövetet érő harmadik szűrés esetén az  $F_p$  érték az  $F_{max}$  értékkel egyezett meg, míg az  $F_v$  érték alacsonyabb volt. A 2-es számú szövetet ért első két szűrés esetén két-két  $F_p$  érték is rögzíthető volt, melyek közül az első alacsonyabb, a második pedig magasabb volt az  $F_v$  értéknél. A többi szűrés esetén az  $F_{max}$  érték megegyezett az  $F_v$  értékkel.



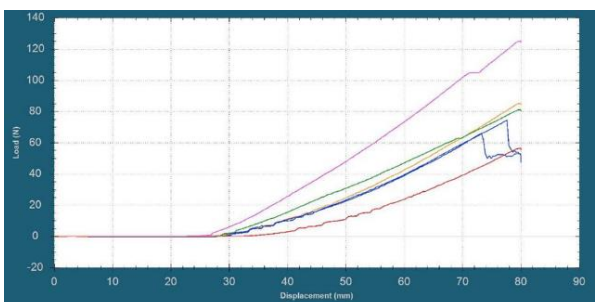
**A**



**B**



**C**

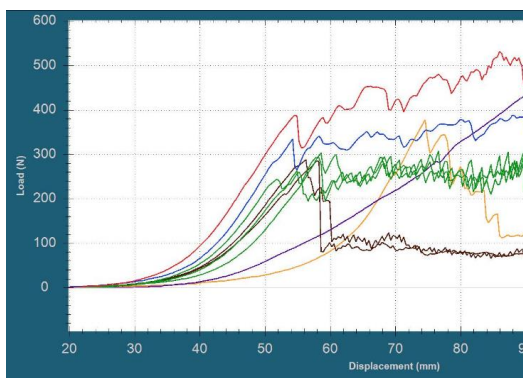


**D**

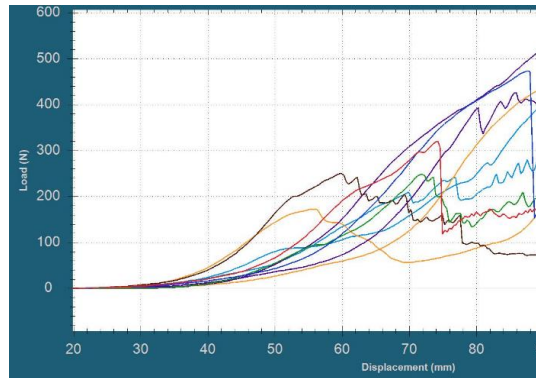
*A 16. sorszámú késsel a gélen végzett szúrások görbéi:*

Szövetek jelölése: **A:** piros (szövet nélkül), kék (1), zöld (2), narancssárga (3), bíbor (4). **B:** piros (szövet nélkül), kék (5), bíbor (6), barna (7), zöld (8), narancssárga (9). **C:** piros (szövet nélkül), kék (10), zöld (11), bíbor (12), barna (13), citromsárga (14), narancssárga (15), lila (16). **D:** piros (szövet nélkül), kék (17), zöld (18), bíbor (19), narancssárga (20).

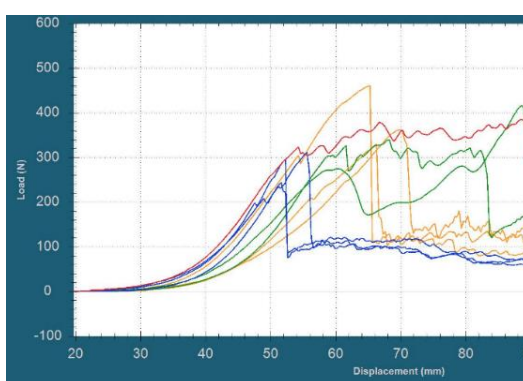
*A 16. sorszámú késsel történő sertéskaraj szúrások során az esetek jelentős részében nem jött létre a szöveten folytonosság-megszakítás, a szövetet a kés mélyén a sebrésbe húzta, több alkalommal a kés elgörbült. A szövet alkalmazása nélkül a szúrásereő 185,93 – - 189,31 - 205,49 N volt, míg szövet alkalmazása esetén az Fp érték ezt többnyire jelentősen meghaladta (244,12 N – 458,8 N).*



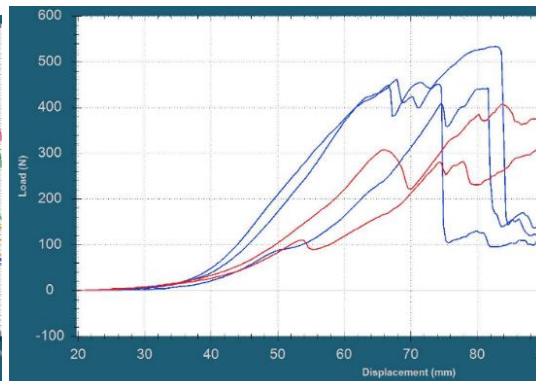
**A**



**B**



**C**



**D**

*Sertéskaraj szúrások során rögzített görbék a 16. sorszámú késsel.*

*Szövetek jelölése: **A:** piros (1), kék (2), zöld (3), barna (4), lila (6), narancssárga (7). **B:** piros (8), kék (9), zöld (10), barna (11), lila (12), narancssárga (13), világoskék (14). **C:** piros (15), kék (16), zöld (17), narancssárga (18). **D:** piros (19), kék (20). Az 'E' jelű képen a szövet alkalmazása nélkül rögzített görbék láthatók.*

A 10. sorszámú késsel történő ballisztikus gél szűrés esetén szövet alkalmazása nélkül az  $F_{max}$  érték 61,2 N volt. Az alkalmazott szöveteken folytonosság-megszakítás (penetráció) a 3-as ( $F_{max}$ : 76,93 - 88,09 N), 4-es ( $F_{max}$ : 86,45 - 94,40 N), a 8-as ( $F_{max}$ : 107,15) és a 10-es (68,38-74,62 N) szövetmintánál keletkezett (a 10-es szövet esetén a háromból 2, a 8-as szövet esetén 1 szűrés volt e tekintetben sikeres). A ballisztikus gél szűrés eredményei alapján (az alacsony szövetpenetrációs sikeresség miatt) a sertéskaraj-szűrástől eltekintettünk.

### **Megbeszélés**

Az eredmények alapján egyértelmű, hogy a ruházat a penetrációhoz minimálisan szükséges erőt befolyásolja. A ballisztikus gélen végzett szűrésok szerint a homogén anyagban történő szűrés esetén a szűréssel szembeni ellenállás lineárisan nő, ennek oka, hogy a szűrés mélységének növekedésével a géllal érintkező felület nő, ezáltal a súrlódás is növekszik. A ballisztikus gél szűrés esetén több szövetnél laposabb görbe és kisebb maximális erő ( $F_{max}$ ) érték került rögzítésre, mint szövet nélküli szűrésok esetén. Ezt magyarázhatja, hogy a szövet szűréssel szembeni ellenálló képessége a gél ellenálló képességét nem érte el; egyúttal a sebrésbe sodródó szövet a súrlódást csökkentette. A vizsgálat ugyanakkor megmutatta, hogy a homogén anyagok – így a ballisztikus gél – nem alkalmas a szövetek szűrésereőt befolyásoló hatásának vizsgálatára.

A 12. számú, az előző kísérletek alapján a legmagasabb penetrációs képességű késsel történő sertéskaraj-szűrésok eredményei alapján a szövetek alkalmazása csak kismértékben növelte a szűréssel szembeni ellenállást a legtöbb anyag esetén, jelentősebb hatással csak a vastag bőranyag (19.számú szövetminta) esetén lehet számolni. A 12-es és 16-os késsel történő szűrésok eredményeinek az összevetése is arra is utal, hogy az eszköz hegyességétől függően az egyes szövetek egymáshoz viszonyított szűréssel szembeni ellenálló-képessége is különböző lehet. A 16-os és 10-es sorszámú pengékkel sok esetben nem sikerült a szöveteken folytonosság-megszakítást okozni, mert az alacsonyabb szűrés sebesség miatt az anyag meg tudott nyúlni szakadás nélkül; illetve a szövetek nem voltak megfeszítve, mely által azokat a kés a vizsgálati célpontban kialakuló „szúrcsatornába” behúzta.

Az eredmények alapján a szűrésra használt eszköz hegyessége jóval nagyobb hatással van a penetrációhoz szükséges erőre, mint a szövetek (így a ruházat) alkalmazása.

A ruházat szűréssel szembeni ellenállóképességének mérése standardizálható (amint az a szűrésálló mellények gyártási és tesztelési folyamatában már ismert), és ennek során objektív adatsor nyerhető. Figyelembe kell venni ugyanakkor azt is, hogy önállóan ezt az adatsort nem lehet felhasználni, mivel a különböző elkövetési eszközök esetén a ruházat hatása is eltérő lehet.

## IX. Összefoglalás

A vonatkozó szakirodalom áttekintése alapján a forenzikus tudományok esetén a klasszikus orvosszakértői kérdésekben, így a szúrt sérülések vizsgálata és a sérülésekkel kapcsolatos szakértői véleményezés terén is helye van a modern technológiák alkalmazásának, illetve a kísérletes vizsgálódásnak. A 3D nyomtatással készített késmásolatok alkalmazása rávilágít arra, hogy kifejleszhető olyan módszer is, amely gyors, olcsó és akár széleskörűen elérhető is lehet. A 3D nyomtatással készült késmásolatok alkalmazása jól beilleszthető a rutin boncolási gyakorlatba, és jelentősen segíti a szúrcsatorna pontosabb (objektívebb) vizsgálatát, az elkövetési eszköz meghatározását, a keletkezési mechanizmus megállapítását, illetve magas demonstratív értékkel is bír.

A különböző eszközökkel történő szűrővizsgálatok segítenek megérteni a szúrt sérülések biomechanikáját, az eszköz és szövetek közti kölcsönhatást. A vizsgálatok során fontos, a gyakorlati szakértői véleményezés során is felhasználható eredményeket sikerült nyerni, így megalapozottabban lehet nyilatkozni arról, hogy egyes eszközökkel történő szúrás - egymáshoz képest - milyen erőt igényel. A vizsgálati eredmények annak a hatóság által gyakran feltett kérdésnek a véleményezését is segíthetik, hogy egy adott eszköz alkalmas-e súlyosabb sérülés (így pl. mélyre hatoló szúrt sérülés) létrehozására.

A további kísérletek rámutatnak arra is, hogy a ruházat szerepét illetően a szakértői válaszadás során fokozott óvatossággal kell eljárni, ugyanis önmagában a ruházat típusának ismerete még nem elegendő annak a kérdésnek a megválaszolásához, hogy a ruházat milyen mértékben befolyásolja a szúráshoz szükséges erőt. A véleményezésnél figyelembe kell venni a szúrási sebességet, a ruházat előfeszítettségét, a szövés szálirányát, illetve kiemelten fontos tényezők az eszköz hegyessége, élessége. A kísérletek alapján a penetrációhoz szükséges erőt leginkább az eszköz típusa határozza meg, a ruházat szerepe csak kisebb mértékben érvényesül, mely egyúttal felhívja a figyelmet az eszköz vizsgálatának prioritására. Jelenlegi ismereteink alapján még nem áll rendelkezésre elegendő tudományos adat, hogy egy adott ügyben a ruházat szúrási erőt befolyásoló hatására objektív és tudományosan megalapozott szakértői válasz lenne adható.

## **Megállapítások, új eredmények**

1. A PTE ÁOK IOI boncolási adatai alapján, a nemzetközi adatokkal összehangban az emberölések leggyakoribb elkövetési módja Baranya Megyében is a szúrt sérülés, de az áldozatok között magasabb a nők aránya.

2/a. A fellelhető szakirodalom áttekintése alapján, jelenleg nem áll rendelkezésre olyan általánosan használható („gold-standard”) módszer, amely a szúrcsatorna irányának pontos meghatározására, illetve az elkövetési eszköz és a sérülés objektív összehasonlítására alkalmas lenne.

2/b. A munkacsoportunkkal kidolgoztuk a szúrt sérülések egy új, eddig nem alkalmazott vizsgálati módszerét: a bűnjelként biztosított eszközök 3D nyomtatással készült másolatának boncolás során történő alkalmazását.

2/c. Az elvégzett kísérletek igazolják, hogy a módszer biztonsággal, a bonclelet károsítása nélkül alkalmazható.

2/d. A kések 3D nyomtatással készült másolata a kések által létrehozott szúrt sérülésbe jól beilleszthető, ezáltal eldönthető, hogy a bűnjelként lefoglalt kés létrehozhatta-e az adott sérülést.

2/e. A módszer alkalmas a szúrcsatorna lefutásának, így a szúrás irányának meghatározására. A módszer demonstratív értékét tovább növeli a fotogrammetriával történő kombinálása, mely lehetővé teszi a szúrás irányának számszerű, objektív meghatározását is (fokokban kifejezve).

2/f. A kifejlesztett módszer nem csak kísérleteknél, hanem a valós, mindennapi gyakorlati szakértői munka során is alkalmazható. A módszer továbbá nem csak szúrt sérülések, hanem eszközös tompa erőbehatás esetén is hasznos kiegészítője a boncolásnak, segíti a keletkezési mechanizmus megállapítását és jelentős demonstrációs értékkel bír.

3/a. A szakirodalomban ismertetett összes, szúrt sérülések vizsgálati modellezésére használt módszer bemutatása révén arra a következtetésre jutottam, hogy az eltérő módszerekkel kapott adatok egymással nem összehasonlíthatóak, ezért szükséges egy egységes, standardizált módszertan kidolgozása.

3/b. A kísérletek során alkalmazott módszer alkalmas a szúrt sérülések reprodukálható módon történő modellezésére, az egyes eszközök összehasonlító vizsgálatára.

4. A kísérletekbe vont eszközök jellemzőinek meghatározására alkalmazott módszerrel az eszközök tulajdonságainak megadása egységesíthető és a paraméterek objektíven rögzíthetők.

5/a A háztartásban fellelhető, különféle szúróeszközökkel végzett összehasonlító vizsgálatok alapján bebizonyosodott, hogy egyes háztartásban használatos eszközök – így például az olló – a késekhez hasonló szúrási erőt igényelnek, míg más eszköztípusoknál (pl. csavarhúzó) igen

nagy erő szükséges a bőr penetrációjához, illetve egyes eszközök arra nem is képesek (pl. vajazókés).

5/b. A különböző késpengékkel végzett szúrásvizsgálatok szerint a szúrás mechanikája a penge típusától függően eltérő lehet, míg egyes pengéknél a penetráció után a szöveti ellenállás jelentősen lecsökken, addig mások esetén ez a csökkenés kevésbé meredek, vagy egyáltalán nincs jelen.

5/c. Az elvégzett szúrási kísérletek alapján megállapítható, hogy a bőr átszúrásához szükséges erő mértékét a hegy sugara és a penge vastagsága befolyásolja elsődlegesen.

5/d. A szúrásvizsgálatok során a szúrási erő ugyanazon minta különböző területein is jelentősen eltérhet, mely a biológiai anyagok variabilitásának szerepét hangsúlyozza, és ezt a további kísérletek tervezésénél is figyelembe kell venni.

6/a. A további vizsgálatok során kimutatható volt, hogy az egyes ruhaanyagok befolyásolják a penetrációhoz szükséges erőt, melynek pontosabb felmérése, és az adatok gyakorlati alkalmazása azonban további kísérleteket igényel.

6/b. A kísérletek eredményei alapján a penetrációhoz szükséges minimális erőt elsősorban a szúróeszköz hegyessége határozza meg, a ruházat hatása ebből a szempontból kisebb mértékű.

## Tudományos közlemények

### *A témában megjelent közleményeim:*

Simon G, Heckmann V. Fatal suicidal injury of a radiocephalic arteriovenous fistula. *J Forensic Sci.* 2022 Jan;67(1):391-394. doi: 10.1111/1556-4029.14895. IF: 1,6, Q2, *idézések: 3 független*

Simon G, Tóth D, Heckmann V, Poór VS. Application of 3D printing in assessment and demonstration of stab injuries. *Int J Legal Med.* 2022 Sep;136(5):1431-1442. doi: 10.1007/s00414-022-02846-6. IF: 2,791, Q1, *idézetek: 11 független, 1 függő*

Heckmann V, Engum V, Simon G, Poór VS, Tóth D, Molnar TF. Piercing the surface: A mechanical analysis of stabbing with household tools. *J Forensic Sci.* 2023 Jul;68(4):1218-1227. doi: 10.1111/1556-4029.15313. IF: 1,6, Q2 (2022), *idézések: 12 független*

A témában megjelent közleményeim összesített impakt faktora: **5,991**

### *Egyéb közleményeim (csak azokat felsorolva, amelyek impakt faktoral rendelkező folyóiratban jelentek meg):*

Nagy VP, Poór VS, Kuzma M, Mayer M, Tóth D, Heckmann V, Simon G. Driving under the influence of drugs - The failed quest of finding medical signs indicative to driving impairment. *Leg Med (Tokyo).* 2025 Feb;72:102567. doi: 10.1016/j.legalmed.2025.102567.

Simon G, Angyal M, Dérczy K, Heckmann V. Egy büntetlenül maradt gyermekbántalmazás tanulságai [Lessons of an unpunished child abuse]. *Orvosi Hetilap.* 2024, 165(14): 553-559. <https://doi.org/10.1556/650.2024.33005>

Heckmann V, Simon G, Molnár TF. Misconnected chest tube: An extremely unusual fatal complication of secondary pneumothorax. *Med Sci Law.* 2023 Mar 22:258024231165960. doi: 10.1177/00258024231165960.

Petrus K, Angyal M, Tóth D, Poór VS, Heckmann V, Simon G. Forensic assessment of a life-threatening penetrating abdominal air gun injury. *Leg Med (Tokyo).* 2023 Feb;60:102182. doi: 10.1016/j.legalmed.2022.102182. *idézések: 4 független:1 függő*

Simon G, Tóth D, Heckmann V, Mayer M, Kuzma M. Simultaneous fatal poisoning of two victims with 4F-MDMB-BINACA and ethanol. *Forensic Toxicol.* 2023;41(1):151-157. doi:10.1007/s11419-022-00632-y *idézések: 10 független, 2 függő*

Simon G, Tóth D, Heckmann V, Kuzma M, Mayer M. Lethal case of myocardial ischemia following overdose of the synthetic cannabinoid ADB-FUBINACA. *Leg Med (Tokyo).* 2022;54:102004. doi:10.1016/j.legalmed.2021.102004 *idézések: 12 független, 2 függő*

Simon G, Heckmann V. An unusual case of suicide: Near decapitation by a modified table saw. *J Forensic Sci.* 2021;66(5):1986-1991. doi:10.1111/1556-4029.14732 *idézések: 2 független*

Tóth D, Petrus K, Heckmann V, Simon G, Poór VS. Application of photogrammetry in forensic pathology education of medical students in response to COVID-19. *J Forensic Sci.* 2021;66(4):1533-1537. doi:10.1111/1556-4029.14709 *idézések: 17 független, 1 függő*

Simon G, Heckmann V, Tóth D, Pauka D, Petrus K, Molnár TF. The effect of hepatic steatosis and fibrosis on liver weight and dimensions. *Leg Med (Tokyo)*. 2020;47:101781. doi:10.1016/j.legalmed.2020.101781 *idézések: 23 független*

Simon G, Poór VS, Heckmann V, Kozma Z, Molnár TF. The effect of steatosis and fibrosis on blunt force vulnerability of the liver. *Int J Legal Med*. 2020 May;134(3):1067-1072. doi: 10.1007/s00414-019-02245-4. *idézések: 3 független, 2 függő*

Simon G, Heckmann V, Tóth D, Kozma Z. Brain death of an infant caused by a penetrating air gun injury. *Leg Med (Tokyo)*. 2019 Jul;39:41-44. doi: 10.1016/j.legalmed.2019.06.004. *idézések: 14 független, 1 függő*

Simon G, Rácz E, Mayer M, Heckmann V, Tóth D, Kozma Z. Suicide by Intentional Air embolism. *J Forensic Sci*. 2017 May;62(3):800-803. doi: 10.1111/1556-4029.13320. *idézések: 7 független*

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretném megköszönni családomnak a mérhetetlen támogatást, kislányom türelmét és csálhatatlan jókedvét, mely lehetővé tette számomra, hogy a mindennapi és szakmai kihívások mellett ezen a pályán is elinduljak. Hálás vagyok férjemnek, egyben kollégámnak a felbecsülhetetlen szakmai segítségért és a rendíthetetlen optimizmusáért, mely mindig segít átlendülni a nehézségeken.

Köszönöm témavezetőmnek Prof. dr. Molnár F. Tamásnak a lelkesedését, ahogyan az interdiszciplinaritás elve mentén a tudomány világába kalauzolt, egyúttal meglátásaival, ötleteivel a folyamatos előrelépés felé motivált.

Köszönöm a PTE ÁOK Igazságügyi Orvostani Intézet valamennyi dolgozójának, kiemelve dr. Poór Viktor Somát, a kísérletek technikai megvalósításában, valamint a statisztikai számításokban nyújtott önzetlen segítségét. Carlotta Schwirtz és Vilde Engum orvostanhallgatóknak ezúton is köszönöm a kitartó munkájukat, a kísérletek lebonyolításában nyújtott segítségüket.