

FÜLÖP PÉTER

AZ IGAZSÁGÜGYI FIZIKUS SZAKÉRTŐI TERÜLET JELENE ÉS JÖVŐJE

1. Bevezetés

Az elmúlt három évben a fizikus szakértői feladatok újragondolása, rendszerezése és továbbfejlesztése zajlott le. Megnézzük, hogy ennek a szemléletnek köszönhetően honnan merre halad tovább a fizikus szakértés, és mindez hogyan jelenik meg a mindennapi szakértői munkában olyan kipróbált módszerekkel, gyakorlati példákkal illusztrálva, mint a fotogrammetria vagy a 3D modellezés.

A forenzikus fizika a Fizikai és Kémiai Szakértői Intézet „ezer arca” közül jelenleg is az egyik legsokoldalúbb szakértői terület. A fizika alaptudomány, a természetben lejátszódó folyamatok, jelenségek törvényszerűségeit a természettudományos megismerés szabályainak segítségével tárja fel. Ebből adódik, hogy a fizikus szakértői munka rendkívül szerteágazó, mely a mindennapi tevékenységek során magába foglalja a szervesetlen eredetű, gyakran mikroszkopikus méretű anyagmaradványok speciális vizsgálatát, valamint egyre inkább a megtörtént vagy megtörténni vélt események rekonstrukcióját, melyeken keresztül öngyilkosságok, testi sértések, emberölések, balesetek fizikai magyarázatával foglalkozunk. A tanulmányban a teljességre törekedve a fizikus szakértés jelenlegi helyzetéről és jövőbeli kilátásairól, fejlődési potenciáljáról kívánok érintőlegesen átfogó képet adni.

2. A fizikus szakértői terület anyagvizsgálati aspektusai

A fizikus szakértői vizsgálatra érkező anyagmaradványok között megtalálhatók a gépjárművek előkezelt fémfelületére felvitt komplex, többrétegű bevonatrendszerek (festékek) éppúgy, mint a különböző forrásból származó fémek, a hagyományos izzók volfrám-szállai, a lőfegyverek elsütésével kapcsolatos lőmaradványok, és ritkábban ismeretlen elemösszetételű szervesetlen szilárd anyagok.

Bármilyen anyagtypusról legyen is szó, az esetek túlnyomó részében az anyagmaradványok származási viszonyainak tisztázása a cél¹. Ehhez szükségünk van összehasonlító mintára, aminek különböző vizuális és morfológiai tulajdonságait optikai mikroszkóp alatt össze tudjuk hasonlítani a bűncselekmény helyszínén rögzített anyagmaradvány megfelelő tulajdonságaival. Amennyiben a minta és az anyagmaradvány a vizuális és morfológiai tulajdonságok alapján egymástól nem megkülönböztethetők, a továbbiakban elemanalitikai vizsgálatokat végzünk. Megfelelő mintaelőkészítés után a vizsgált anyagrészeket alkotó kémiai elemek minősége és mennyisége pásztázó elektronmikroszkóphoz csatolt energia-diszperzív röntgendetektorral vagy röntgenfluoreszcens spektrométerrel meghatározható. Szélsőséges esetben, ha ultranyomelemek kimutatására is szükség van, az Intézet egyik legkorszerűbb és legérzékenyebb

¹ Anti Csaba László – Gárdonyi Gergely (szerk.): Krimináltechnikai Kézikönyv. Módszertani útmutató bűnügyi technikusoknak 2. Semmelweis Kiadó. Budapest, 2020. 74-100. o.

elemanalitikai berendezése, a lézeralblációs mintabevitelű induktív csatolású plazma tömegspektrométer is rendelkezésünkre áll.

Ezek az anyagok főleg közlekedési balesetek (pl.: gázolás, járművek dinamikus érintkezése), lopások, betörések, rongálások esetében lehetnek fontos tárgyi bizonyítékok. A nyomozó-hatóság összehasonlító vizsgálatra küldhet pl.: alufóliákat, drótdarabokat, rézkábeleket, valamint további autóalkatrészeket, katalizátordarabokat, csöveket és szerszámokat (pl.: csavarhúzó, sarokcsiszoló) is. A vizsgálatok eredménye alapján eltérő valószínűségi szinteken a közös eredetre, illetve a származási viszonyokra lehetséges következtetni. Többek között olyan kirendelői kérdésekre tudunk választ adni, hogy az elgázolt gyalogos ruházatának rázalékában talált festékmaradvány a kérdéses jármű sérült festett karosszériaeleméről származik-e vagy a betörés helyszínén felfeszített ajtókeretből rögzített festékdarab a gyanúsítottól lefoglalt feszítővas festékbevonatának maradványa-e, illetve a nyílászáró festékbevonata felkenődött-e az elkövetés eszközére.

Rossz látási viszonyok mellett gyakran történnek balesetek az úttest szélén álló vagy a közlekedésben résztvevő, kivilágítatlan járművek miatt. Ezekben az esetekben, a hagyományos világítóberendezések volfrám izzószálainak vizsgálata alapján többnyire megállapítható, hogy kinek a hibájából következhetett be az ütközés. A pásztázó elektronmikroszkópos nagyítású és részletgazdag felvételekkel eldönthetők azok a szakkérdések, melyek a tompított, a távolsági, valamint a helyzetjelző és féklámpa izzók izzószálának balesetkori üzemmállapotára vonatkoznak.

Néhány különleges esetben hőmérőkben használatos higanyt kellett azonosítani, melyet a gyanúsítottak különböző módon, pl.: fogkrémes tubusba vagy üdítőital dobozába töltve akarták a gyanútlan áldozataik szervezetébe juttatni. Arra is van példa, amikor a jóhiszemű vásárló „élete üzletét” köti, azonban a laboratóriumunkban kiderül, hogy egy család jóvoltából magas áron egy igen drága nyakék helyett hamis ékszerhez jutott hozzá.

A tűz- vagy gáz-riasztó fegyverből leadott lövés során keletkező speciális égésmaradványok, az úgynevezett lómaradványok felkutatása is fontos része a mindennapi munkának. Az elsütött fegyverből távozó, a lőszer alsó, zárt részében, a csappantyúcsészében elhelyezett gyúelegg szilárd égéstermékei parányi szemcsék formájában a lövés környezetében lévő felületekre, a kezekre, a ruházati és egyéb tárgyakra lerakódnak. Ezeket a 1-100 µm nagyságú szemcséket egy speciális, ragacsos felületű mintahordozóval össze lehet gyűjteni. A mintahordozó felületét az elektronmikroszkóp automatikusan végigpásztázza, a rajta lévő mikrométerű szemcséket felkutatja, és ezeket a berendezéshez csatolt energia-diszperzív röntgendetektor elemösszetételük alapján osztályozza². A vizsgálati módszernek köszönhetően a letapogatott kezeken és ruházaton lómaradvány szemcsék azonosíthatók, melyek számának és eloszlásának segítségével választ kaphatunk arra, hogy azok a lövés leadásakor vagy annak elszenvedésekor kerülhettek-e a vizsgált felületre, és ennek pillanatában a kérdéses személy hozzátétőlegesen milyen messze tartózkodhatott az elsütött fegyvertől, így az öngyilkosság vagy az emberölés ténye megállapítható. Amennyiben a bűncselekménynél használt fegyver és az elműködött lőszerhüvely is rendelkezésre áll, akkor azokból összehasonlító minta biztosítását követően szakmegállapítás tehető arra vonatkozóan is, hogy a kérdéses fegyverből az utolsó lövést a kérdéses lőszerrel adták-e le.

² ASTM Committee on Forensic Sciences: Standard Guide for Reporting of Forensic Primer Gunshot Residue (pGSR) Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry (SEM/EDS). United States, 2021.

3. A különböző szakterületek együttműködése: modellezés, esetrekonstrukció

Az elmúlt pár évben jelentős változások történtek a napi fizikus szakértői gyakorlatban, mely egyrészt a technológia (informatika) és a mérés technika rohamos fejlődésének köszönhető, másfelől annak, hogy a hosszú időn át felhalmozott tudásra és tapasztalatokra építve továbbfejlesztettük és bővítettük a kompetenciakörünket, alkalmazkodva a kirendelői igényekhez. Hogy tehetjük mindezt anélkül, hogy megsértettük volna a kompetenciahatárokat?

Az akadémiai tudás esetén is egyre inkább elmosódnak a tudományterületek közötti éles határvonalak, és nincs ez másképp a forenzikus tudományok esetében sem. Az igazságügyi és a bűnügyi részterületek egyesítésével létrejött NSZKK elősegítette, hogy napjainkban egyre gyakrabban születnek az eljárást nagyban segítő, a különböző szakterületek együttműködése révén adott egyesített szakértői vélemények. Az egyesített vélemények bizonyító ereje többszöröse is lehet a korábban egyenként kiadott véleményekénél. Ennek oka egész egyszerűen az, hogy a különféle tudományterületeken tevékenykedő szakértők sajátos szemlélettel, területük speciális vizsgálati módszereivel vesznek részt a kérdéses ügyek megoldásában. A közelmúltban az orvosok, a biológusok és a fizikusok együttműködése markánsan megjelent a kutatás-fejlesztés és a piaci szolgáltatások területén is (pl.: a Debreceni Egyetem Biomechanika Laboratóriumában vagy a Pécsi Tudományegyetem 3D Nyomatási és Vizualizációs Központjában), mely gyakorlat mérnöki (pl.: anyag- vagy gépészmérnöki) szemlélet nélkül szinte elképzelhetetlen. Miért lenne ez másképp a törvényszéki alkalmazások terén?

Az orvosszakértők helyszíni és bonctermi munkájának eredményéből kiindulva több, akár négy-öt különböző területen tevékenykedő szakértő közös gondolkodására is szükség lehet egy teljes eseménysor, vagy egy részletének a rekonstrukciójához. A mechanikai sérülés (pl.: sebés, törés) anatómiai jellegzetességeit (pl.: elhelyezkedését, mélységét, kiterjedését) orvosszakértő véleményezi, a feltételezett elkövetési eszköz és a sebés alaki tulajdonságainak összehasonlítását nyomszakértő végzi, míg az eszköz és a test között létrejött kölcsönhatáshoz vezető okokat, illetve a fellépő erőhatások jellegét, irányát, nagyságát részben fizikus szakértő vizsgálja. A rekonstrukció mindenképp inter- és multidiszciplináris megközelítést kíván, hiszen a fenti példában az orvos- nyom és fizikus szakértői kompetenciahatárok nem választhatók el élesen egymástól, megállapításaik „szerencsés” esetben egymásra kell, hogy épüljenek.

Amennyiben az elkövető kiléte nem kérdéses, az eljáró hatóságot leginkább az érdekelheti, hogy mi és hogyan történhetett. A gyanúsított vallomásának birtokában, akár annak hiányában a cselekmény más és más szempontú megközelítésével, a kirendelői kérdések megválaszolásához a gépjármű-közlekedési műszaki és orvosszakértők mellett, fizikus-, nyom- valamint antropológus szakértők is bekapcsolódhatnak az értékelés folyamatába. Így lehetőség van az eredményeket egységes, zárt logikai láncba rendezve együtt megfogalmazni, amely jóval többet mondhat a kérdéses körülményekről, mint az egyes szakterületek megállapításai külön-külön. Természetesen ezekre a kérdésekre minden elemében egzakt és minden kétséget kizáró választ a kirendelő hatóság soha nem fog kapni, de az egyesített szakértői vélemény a valószínűség nagyobb szintjét érheti el³.

³ Jackson, G, Jones, S., Booth, G., Champod, C., Evett, I. W.: The nature of forensic science opinion – a possible framework to guide thinking practice in investigations and in court proceedings. Science&Justice 2006: 46. 33-44.o.

A fizikus szakértő szerepe akkor válik hangsúlyossá, amikor egy esemény fizikailag többféleképpen is megtörténhetett. A lehetséges folyamatokat és mozgási mechanizmusokat fel kell tárni, és azok megértésén, valamint kinematikai (mozgástani) és dinamikai (mozgástani) elemzésén keresztül – számos körülmény figyelembevételével – a legvalószínűbbet megadni vagy a fizika törvényeinek való ellentmondása miatt bizonyos lehetőségeket ki kell zárni. Klasszikus példája ennek a magasból esés, amikor tisztázni szükséges az esés lehetséges okait. A rendelkezésre álló, hajtást leíró modell egy olyan matematika-fizikai számítást tartalmaz, melyből elvi megfontolások útján következtetni lehet, hogy a zuhanás a sértett önkészű, szándékos cselekményének következménye volt, vagy véletlenül szenvedett balesetet, netán halálában idegenkezűség is közrejátszott. Természetesen minden változót és mozgást befolyásoló tényezőt egy egyedi eseménynél nem lehet analitikusan figyelembe venni, ezért gyakran szükséges kreatív módon empirikus modellkísérleteket alkalmazni. Napjaink óriási lehetősége, hogy pusztán egy digitális fényképezőgéppel vagy okostelefonnal (pl.: RealityScan applikáció használatával) készült fényképsorozatból a fotogrammetria módszerével valóság-hű, méretazonos 3D modellt lehet létrehozni az esemény helyszínéről, melyben segédsoftverek (pl.: Unity játékmotor) segítségével egy virtuális bábuval szinte bármilyen mozgássorozatot – valós fizikai paraméterek megadásával – modellezni lehet. Ráadásul a különböző tárgyakról (pl.: sérült csontokról, eszközökről) készült fotogrammetriai modellekt⁴ későbbi vizsgálatok céljából akár egy saját fejlesztésű forenzikus adatbázisba rendezhetjük, szükség esetén arra alkalmas 3D nyomtatóval kinyomtathatjuk⁵.

A modellalkotás és a rekonstrukció folyamatába remekül illeszthető, újra felfedezett vizsgálati módszer a HemoSpat szoftverrel támogatott vérfolt-morfológiai elemzés, melynek során az általános kriminalisztikai ismeretek, a matematika, a fizika és a biológia eredményeinek felhasználásával, a helyszíni elváltozások – a sértett sérüléseiről tett orvosszakértői megállapítások, a helyszín általános állapota, elkövetési eszközök, a vérre, mint anyagmaradványra vonatkozó szakértői megállapítások – ismeretében a vérnyomok alakjából jellemzőiből következtethetünk a vér érkezésének irányára, sebességére, a nyomképző folyamat erejére vagy sebességére⁶. Ez a vizsgálat ma már szinte elengedhetetlen része egy vérző sérüléssel járó cselekménysorozat elemzésének, melyben a nyomszakértő közreműködése a döntő. A leírt módszerek lehetőséget adhatnak a forenzikus gyakorlatban baleset és bántalmazás között különbséget tenni. Az inkriminált esemény számítógépes, háromdimenziós virtuális modelljének további nagy előnye azon túl, hogy az eljárás későbbi szakaszában kiváló szemléltető eszköz, a tanúk, illetve a gyanúsítottak vallomásának igazságtartalma objektíven ellenőrizhető, valamint az így kapott, új információk szükség szerint a szimulációba beépíthetők, és a változások megjeleníthetők. A virtuális modellkísérletezés módszerét kifejezetten sikeresen alkalmaztuk egy klasszikusan magasból esésnek induló ügyben, melynek során az elkövető olyan súlyosan bántalmazta a sértettet, hogy az a helyszínen belehalt a sérüléseibe. Az eljárás későbbi szakaszában a felfedező tanúból gyanúsítottá váló elkövető azonban a valós eseményeket elhallgatva, a lépcsőről balesetszerű leesésként próbálta először beállítani a halálesetet. A kirendelt

⁴ Metzger Máté – Ujvári Zsolt – Gárdonyi Gergely: A fotogrammetria kriminalisztikai célú alkalmazása: helyszínek, holttestek, tárgyak rekonstrukciója három dimenzióban. *Belügyi Szemle* 2020/11. 57-70. o.

⁵ Simon Gábor – Tóth Dénes – Heckmann Veronika – Poór Soma Viktor: Application of 3D printing in assessment and demonstration of stab injuries. *Int J Legal Med* 2022 Sep;136(5):1431-1442. o.

⁶ Petrétei Dávid: A vérnyomelemzés mint a helyszín innovatív eszköze. *Belügyi Szemle* 2017/2. 100-129. o.

orvosszakértő a boncolás során a holttesten talált sérülések alapján idegenkezűséget sejtett, melyet nyomszakértői vérfolt-elemzéssel kiegészítve a virtuális modellkísérletek eredménye alátámasztott. A terheltet cselekményéért az egyesített szakértői véleményekre, mint egyetlen bizonyítási eszközre alapítva a cselekménytől számítva bő 1 évvel másodfokon, jogerősen 19 év fegyházban letöltendő szabadságvesztésre ítélték.

Az emberi testhez és mozgáshoz kapcsolódó (sport)biomechanikai kutatások sok segítséget jelentenek a bántalmazással járó, jogi értelemben kisebb és nagyobb súlyú cselekményeknél egyaránt, hiszen a pusztán testi erőnk vagy bármilyen hétköznapi tárgy lehet potenciálisan gyilkos fegyver. Egy fojtófogást követő esés által vagy különböző eszközök használatával okozott sérülések orvos- és fizikus szakértői elemzésének eredményétől függően változhat az ügy jogi megítélése, minősítése.

A szúrt sérülések vonatkozásában elmondható, hogy valamilyen éllel, hegygel bíró eszközzel, többnyire késsel az esetek nagy részében a mellkast támadják⁷. A leggyakrabban felmerülő kirendelői kérdések egyike ilyenkor, hogy a sértett által viselt ruházat hogyan befolyásolhatta a késsel történő szúrást, a nem halálos kimenetelű szúrás milyen fizikai folyamatoknak köszönhetően valósult meg, vagy milyen fizikai okokra vezethető vissza a súlyosabb sérülés kialakulásának elmaradása.

Az elkövetők keze ügyébe kerülő, a konfliktus kezelésére, valamint fájdalom és sérülés okozására alkalmasnak tűnő eszközök száma és a lehetőségek tárháza – a tapasztalataink szerint – a végtelenhez tart⁸. Egy elhajított balta, sörösvég, váza, műanyag pohár, csúzlóból kilőtt anyacsavar, zártszelvény, hólapát, a sarokból felkapott seprűnyél, de még a ruhásszekrény alumíniumból készült ruhatartó rúdja is szerepel ezen a képzeletbeli listán. A szakkérdés általában arra irányul, hogy a felsorolt tárgyak milyen sérülés okozására alkalmasak, illetve azok közül melyikkel lehet potenciálisan olyan súlyos sérülést okozni, mely halállal végződik. Az ilyen jellegű kérdés nyílt végű fizikai problémaként határozható meg, ami azt jelenti, hogy a dobás vagy ütés végeredményét rendkívül sok tényező komplex módon határozza meg, így csak általános fizikai törvényszerűségeken alapuló megállapítások tehetők. A feltett kérdésekre orvosszakértő bevonásával is lehetetlen egy viszonylag egyszerű és egzakt választ adni, ugyanis azt a rendelkezésre álló információk mennyisége és minősége erősen befolyásolja. Tovább nehezíti a feladatot, hogy ezeknek a cselekményeknek, illetve következményeinek vizsgálatára nincsenek a tudományos közösség által elfogadott, egységes mérési módszerek, nemzetközi standardok, valamint hiányoznak a jól használható, hiteles antropometriai és biomechanikai adatbázisok is. A saját modellkísérleteinkben mért és számított adatok a különböző kutatások eredményeivel éppen ezért nehezen összehasonlíthatók, illetve interpretálhatók a jogalkalmazók számára.

Az anyagvizsgálati kérdések és az eseményrekonstrukciós feladatok metszéspontjában helyezkedik el a fraktográfia tudománya, mely a mérnöki gyakorlatban a tönkremeneteli folyamatok azonosításának egy speciális vizsgálati módszere⁹. A műszaki tudományban leginkább fémek (például acélok), műanyagok és kompozitok tulajdonságait tanulmányozzák. Az NSZKK-ban elsősorban a már említett volfrám izzószálak

⁷ Thore Karlsson: Homicidal and suicidal sharp force fatalities in Stockholm, Sweden. Orientation of entrance wounds in stabs gives information in the classification, *Forensic Science International* 93 (1998) 21–32. o.

⁸ Florian D. Sprenger, Lea Siegenthaler, Beat P. Kneubuehl, Christian Jackowski: The influence of striking object characteristics on the impact energy. *Int J Legal Med* (2016) 130:835–844. o.

⁹ Horst Blumenauer, Gerhard Pusch: *Műszaki törésmechanika*. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1987. 11–35.

töretfelületeinek és adott esetben a forenzikus üvegvizsgálatok kiegészítő vizsgálata lehet¹⁰. Jóllehet az emberi testen kialakult sérülések fizikus szakértői elemzése ezzel a tudományterülettel erős hasonlóságot mutat, hiszen mindkét esetben a jellegzetes törésmintázatok elemzésével és valamilyen anyagvizsgálattal a sérülések okait, az ahhoz vezető folyamatokat lehet feltárni (rekonstruálni).

A törésmechanikai törvényszerűségek alapján a síküveg törésvonalainak vizsgálatával eldönthető, hogy melyik irányból törték be az ablakot. Megállapítható az is, hogy egy gépjármű szélvédőjét az arra leadott lövés milyen szögben és esetleg milyen sorrendben érte. A becsapódási szög számításának módszere alkalmazható a függőleges felületekre freccsenő vércseppek becsapódási szögének meghatározására is, illetve a módszer tágabb értelemben pl.: agykoponyán található törések keletkezési sorrendjének megállapításánál is támpontot adhat.

A vizsgálatokból nyert tényadatokból a sérülések keletkezési mechanizmusára következtethetünk. A munkahelyi, üzemi és közlekedési balesetek során, egy esetleges büntetőeljárás keretében a felelősség megállapítása érdekében általában valamilyen anyag károsodási, tönkremeneteli folyamatát is szükséges lehet vizsgálni. Ez a feladat jelenleg meghaladja az NSZKK kapacitását és kompetenciáját, noha az ehhez szükséges műszerezettség és szakmai tudás részben rendelkezésre áll. A kirendelő hatóság számára az ilyen ügyekben eljáró munkabiztonsági szakértő mellett a speciális ismeretekkel rendelkező anyagmérnök vagy anyagvizsgáló szakmérnök bevonása jelenthet megoldást. Ebben a tekintetben a csontokon megjelenő sérülések is értelmezhetők egyfajta tönkremeneteli folyamatként. Ezen folyamat során létrejött deformációkat akár pásztázó elektronmikroszkóppal van lehetőség megvizsgálni, melynek eredményeképp a nyomozás szakaszában pl.: ismeretlen elkövetési eszköz típusáról és a keletkezési mechanizmusról már adható felvilágosítás, illetve az elektronmikroszkópos kép által szolgáltatott, részletgazdag információ közvetlenül segítheti NSZKK-n belül az orvos- és az antropológus szakértő munkáját.

Sok példa áll rendelkezésre annak bemutatására, hogy a fizikus szakértés ma az NSZKK-ban mennyire színes és sokoldalú terület, mely a multi- és interdiszciplináris szemlélet miatt potenciálisan hidat képez a különféle kompetenciaterületek között. Az áttekintés során példákkal illusztrált elágazódási és kapcsolódási pontoknak köszönhetően folyamatosan keressük a kollaborációs lehetőségeket. A fentiekből jól látható, hogy kellő nyitottság esetén – a fizika alaptudományként betöltött szerepéből adódóan – a jó kapcsolatok révén egyre több szakértői terület számára tudunk műszeres és egyéb szakmai támogatást nyújtani jelenleg és reményeink szerint a jövőben is. Az együttműködés pozitív hatása, hogy az említett szakértői területektől ugyanúgy segítséget kapunk egyes ügyek megoldásában, mely természetesen a szakmai tudásunk bővítését és szakértői tapasztalataink gyarapítását is folyamatosan szolgálja.

¹⁰ Fülöp Péter – Vörös Tamás: A forenzikus üvegvizsgálat egyéb aspektusai – A fraktográfia. Magyar Rendészet 2022/4. 33-46. o.