



PR/B07SF060143T0015TK001

Sipos Ferenc

## **A Szomatoinfra technológia alkalmazási lehetőségei a Kriminalisztika területén.**

Az infravörös elektromágneses hullámok detektálása,  
és felhasználása a bűnüldözés területén

30 474 47 02 Sipos Ferenc, 3207 645

### **Az infravörös technológia elméleti alapjai**

**Az infravörös sugárzás**

**Egy test infrasugárzásának fizikai összefüggései**

**Az emberi test hőháztartása és hőszabályozása**

### **Az infravörös felvételek készítésének technikai megvalósítása**

**Az emberi testben zajló folyamatok infrajelei**

### **Az infravörös felvételek készítésének technikai megvalósítása**

**Az infravörös sugárzásból nyerhető információk, és a „Szomatoinfra”  
infravörös képalkotó eljárás ( Budapesti Műszaki Egyetem )**

**Az infravörös sugárzásból nyerhető információk feldolgozásának problémái**

## **A szomatoinfra és más infravörös technológiák alkalmazási lehetőségei a kriminalisztikában**

### **A szomatoinfra alkalmazási lehetőségei**

### **Egyéb infravörös technológiák alkalmazási lehetőségei**

## **Az infravörös technológia elméleti alapjai**

### **Az infravörös sugárzás**

Ahhoz, hogy az infravörös technológia működését, a kriminalisztika területén való használhatóságát megvizsgálhassuk, előbb azt kell megértenünk, hogy mi is az az infravörös sugárzás és milyen folyamat eredményeképpen állítható elő értékelhető kép az infravörös sugárzás felhasználásával.

A módszer alapját az a fizikai tény szolgáltatja, hogy minden olyan test, amely az úgynevezett abszolút nulla hőmérsékleti fok ( - 273 K fok ) fölötti hőmérsékleti tartományban van, infravörös tartományba eső, elektromágneses hullámokat bocsát ki magából ( ez az ú.n. hőszugárzás ). Ez az infravörös hullámtartomány része annak az elektromágneses hullámspektrumnak, amely a gamma-sugárzástól a hosszúhullámú rádiósugárzásig terjed, és valamennyi fizikailag létező elektromágneses hullámtartományt felöleli.

A hullámspektrum legnagyobb energiasűrűségű része a gamma-sugárzás ( amely egyben a legrövidebb hullámhosszú tartománya a spektrumnak ), majd a hullámhossz növekedésének követésével eljutunk a röntgen-sugárzás tartományába, amit az ultraviola, a látható fény, majd az infravörös fény, végül a mikrohullámú és a rádió-sugárzás tartománya követ. A látható fény tartományába tartozik az a fényfajta, amellyet a szemünk érzékel, mégpedig úgy, hogy a látható fény tartományába eső különböző hullámhosszúságú fényt különböző színekként érzékeli.

A látható fény tartományát úgy vizsgálhatjuk, hogy a fehér fényt, amely az összes látható színt tartalmazza ú.n. prizmával optikailag felbontjuk.

A különböző hullámhosszúságú elektromágneses hullámok a prizma anyagán áthaladva eltérő mértékben törnek meg ( optikai törés ), és így a prizma

mögött elhelyezett vetítőernyőn kirajzolódik a teljes látható fény spektrum színekre bontva. A látható fény tartománya a kék színtől a vörösig terjed, és mivel a hőhullámok tartománya a teljes spektrumon a vörös látható fény alatt helyezkedik el, ez a tartomány a „vörös alatti” azaz az infravörös nevet kapta.

Az infravörös spektrum hullámhossza 760 nm-től 36000 nm-ig terjed, ami a látható fény és a mikrohullámú sugárzás közötti területnek felel meg.

Ha megvizsgáljuk szobahőmérsékleten egy test által kibocsátott sugárzás összetételét, azt tapasztaljuk, hogy a legnagyobb mértékben az infravörös tartományban sugároz. Mivel egyetlen test sem lehet abszolút nulla fok hőmérsékletű a természetben ( ez a Hőtan egyik alaptétele ), az Univerzumban még ott is van infravörös sugárzás, ahol más fajta sugárzás nem észlelhető. Kijelenthetjük, hogy az Univerzum fő sugárzási formája az infravörös elektromágneses hullám.

### **Egy test infrasugárzásának fizikai összefüggései**

Egy adott test által kibocsátott sugárzás spektrális eloszlása és intenzitása függ a test hőmérsékletétől és felszínének anyagától, mivel szoros összefüggést mutat azzal az arányszámmal, amely azt mutatja meg, hogy az adott test mekkora hányadát nyeli el az őt kívülről érő sugárzásnak. Ezt az arányszámot *hőmérséklettől és frekvenciától függő abszorpciós tényezőnek*  $\{ a(T, f) \}$ , ahol  $T$  = az abszolút hőmérséklet,  $f$  = a frekvencia } nevezzük.

*Kirchhoff törvényéből* következő, kísérletileg is igazolt tény, hogy egy adott test által, adott frekvencián kibocsátott sugárzás intenzitása, amelyet a *hőmérséklettől és frekvenciától függő emissziós tényezővel*  $\{ e(T, f) \}$  jellemzünk, szigorúan arányos a *hőmérséklettől és frekvenciától függő abszorpciós tényezővel*

$\{ a(T, f) \}$ . Ebből az is következik, hogy az  $e(T, f) / a(T, f)$  hányados nem függ a vizsgált test anyagi minőségétől.

Ennek az arányossági tényezőnek a vizsgálatához a fizikában bevezetésre került az ú.n. *abszolút fekete test* elméleti fogalma.

Ez egy olyan testet jelent amely a ráeső összes sugárzást elnyeli, azaz az abszolút fekete test hőmérséklettől és frekvenciától függő abszorpciós tényezője, az  $a(T, f) = 1$ .

Ezt a speciális abszolút fekete test abszorpciós tényezőt  $a_f(T, f)$ -el jelöljük, és ebből eredően az abszolút fekete test emissziós tényezőjét  $e_f(T, f)$ -el jelöljük.

Egy tetszőleges test emissziós tényezőjét az alábbi képlet alapján kaphatjuk meg:

$$e(T, f) = a(T, f) * e_f(T, f)$$

A *Planck-féle sugárzási törvényből* pedig az  $e_f(T, f)$  meghatározható.

A fedetlen *emberi test* esetében ( ezt mért értékek is megerősítik ) az abszorpciós tényező értéke  $a(T, f) = 0,98$  azaz megközelíti az abszolút fekete testre jellemző értéket. Kijelenthetjük tehát, hogy a fedetlen emberi test, ha az elhanyagolható 2%-os eltéréstől eltekintünk, az emissziós tényező tekintetében jó közelítéssel abszolút fekete testnek tekinthető és ennek alapján a fedetlen emberi test által kibocsátott sugárzási spektrum vizsgálatakor az abszolút fekete test által kibocsátott sugárzási spektrum értékeivel számolhatunk.

Mindezek alapján alkalmazható rá a *Stefan – Boltzmann-törvény*, amely szerint egy adott test által kibocsátott sugárzás teljes intenzitása arányos az abszolút értéken ( K fok ) mért hőmérséklet negyedik hatványával, valamint a *Wien-féle eltolási törvény*, amely azt mondja ki, hogy egy adott test abszolút értéken ( K fok ) mért hőmérséklete fordítottan arányos az általa kibocsátott legnagyobb intenzitású sugárzás hullámhosszával.

A fenti összefüggéseket felhasználva nagy pontossággal tudunk következtetni a fedetlen emberi test hőmérsékletére az általa kibocsátott sugárzás hullámhossza és intenzitása mérésével.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a jól meghatározott emissziós tényező lehetővé teszi azt, hogy egy adott személy dinamikus, funkcionális, fiziológiás folyamatait testi kontaktus nélkül, akár a távolból is megvizsgálhassuk, illetve folyamatos vizsgálat tárgyává tehesük.

A kapott értékek alapján objektív képet kaphatunk az illető személy nyugalmi, normál vagy a normáltól eltérő testi állapotáról.

## **Az emberi test hőháztartása és hőszabályozása**

Az emberi szervezetben lejátszódó bármely fizikai vagy kémiai folyamat során hő szabadul fel vagy nyelődik el, azaz endoterm vagy exoterm folyamatok változásai figyelhetők meg. A szervezetet ért mindenfajta külső vagy belső hatás, amely a szervezetben valamilyen reakciót, változást eredményez, jól nyomon követhető a szervezet hőtérképén, a testben éppen fennálló hőmérséklet eloszlásában.

Az emberi test egyik alapvető jellemzője, hogy homeoterm, azaz a normális működéséhez relatíve állandó testhőmérsékletre van szükség. Ennek egyik fő oka az, hogy a biokémiai folyamatok, enzimreakciók egy adott hőmérsékleten játszódnak le a legkedvezőbb körülmények között. Ezt az állandó hőmérsékletet nevezzük maghőmérsékletnek, amely fenntartása, biztosítása a központi idegrendszerhez tartozó hipotalamusz feladata. Ezt úgy éri el, hogy biztosítja a szervezetben lejátszódó endoterm ill. exoterm folyamatok által termelt illetve elvont hő egyensúlyát a testben elhelyezkedő hőreceptorok folyamatos és megfelelő ingerei alapján.

Kevésbé ismert tény, miszerint nyugalmi állapotban a test hőtermelésének több mint felét a belső szervek adják, míg az izomzat illetve a bőr csak mintegy a 20%-át, ugyanakkor terhelés alatt a vázizmok hőtermelése elérheti a 90%-ot is.

Ilyen körülmények között a hipotalamusz munkájához elengedhetetlen a testben található kb. 300000 db. hőreceptor folyamatos feedback-je. Ez oly módon valósul meg, hogy a hideget jelző receptorok 10 – 40 C fok között, míg a meleget jelző receptorok 20 – 48 C fok között adnak ingert a hipotalamusz idegrendszeri ingereket feldolgozó része felé. Alacsony hőmérsékleten a hidegreceptorok ingerleadása, míg magasabb hőmérsékleten a melegreceptorok aktivitása van túlsúlyban.

A receptorok sűrűsége nem mutat egyenletes elosztást a testfelszín különböző pontjain, így például az arc és a homlok területén sokkal nagyobb gyakorisággal találunk hőérzékelő sejteket mint a háton. Ebből az is következik, hogy az arc és a homlok hőállapota sokkal jobban befolyásolja a hőérzetünket ill. ezen keresztül a hőháztartásunkat, mint a hát hőállapota. Hasonló módon jelzi a maghőmérséklet alakulását a test belsejében a vér hőmérséklete is. A receptorok által jelzett hőmérséklet-változások egyensúlyban tartását, valamint a maghőmérséklet fenntartását a hipotalamusz az emberi szervezet hormonális

rendszerének szabályozásával biztosítja. Ennek a szabályozási mechanizmusnak fontos része a pajzsmirigy is. Normál körülmények között a test hőmérsékletét az idegrendszert és az endokrin hormonális rendszert is magába foglaló ún. neuro-hormonális szabályozó rendszer biztosítja. Változás esetén a hipotalamusz ezen neuro-hormonális rendszer útján lép közbe.

Alacsony testhőmérséklet esetén a hidegreceptorok hipotalamusz hátsó részét ingerlik, aminek hatására a hipotalamusz hőtermelő folyamatokat indukál (pl.: izomremegés), valamint szűkíti a bőreket, ezáltal csökkenti a bőrön áthaladó vér mennyiségét, ami miatt csökken a bőr hőmérséklete és ezáltal csökken a testfelszín és a környezet közötti hőmérséklet-különbség is, ami pedig a test hőleadásának csökkenésével jár. Mind a hőleadás csökkentése, mind a hőtermelő folyamatok beindítása a test hőmérsékletének növekedését eredményezi. Magasabb hőmérséklet esetén a melegreceptorok által a hipotalamusz elülső részébe küldött ingerek kerülnek túlsúlyba, és ezzel az előzőekhez hasonló, de ellentétes hatású folyamatokat (pl.: a bőr ereinek kitágulásával megnő az átáramló vér mennyisége és nő a szervezet hőleadása) indítanak el, amelyek csökkentik a maghőmérsékletet.

A szervezet többféle módon képes hőt leadni, mint pl.: hőleadás, hőáramlás, párologtatás; de mind közül a legjelentősebb mértékű hővesztés az infravörös sugárzás kibocsátása útján valósul meg. Szobahőmérsékleten, áramlásmentes környezetben, álló helyzetben, 60%-os páratartalom mellett a hővesztés 60%-a az infravörös sugárzás kibocsátása miatt jön létre.

## **Az infravörös felvételek készítésének technikai megvalósítása**

### **Az emberi testben zajló folyamatok infrajelei**

Az emberi testben lejátszódó biológiai folyamatok hőtermelése következtében a test, elsősorban a bőrfelszínen keresztül folyamatos infravörös sugárzást bocsát ki. Ha megvizsgáljuk ennek a sugárzásnak a bőrfelszíni eloszlását, azt tapasztaljuk, hogy az nem homogén, vagyis a bőrfelszín

különböző területei egymástól kisebb – nagyobb mértékben eltérő hőmérsékletű régiókra oszthatók fel. Ennek oka az, hogy a testben zajló biokémiai folyamatok által termelt hőmennyiség a testben nem egyenletesen oszlik el, hanem a termelődés ( hőtermelő folyamatnál ), vagy az elnyelődés (hőelnyelő folyamat esetén ) helyén jellegzetes hőgócot mutat. Ezen felül a hőmérséklet testen belüli eloszlását olyan jelenségek is befolyásolják, mint például a különböző szervek közötti hőtranszport. Mindezen hatások következtében a testfelszín jellegzetes hőmérsékleti mintázatot mutat. Ez a jelenség módot ad nekünk arra, hogy a test infravörös sugárzásának területi eloszlását és intenzitását megfelelő eszközzel feltérképezve következtetni tudjunk a szervezet aktuális állapotára és az éppen zajló összetett biokémiai folyamatokra.

Az emberi test által kibocsátott infravörös sugárzás mérésére, valamint az ebből nyerhető információk felhasználására természetesen az orvostudomány képviselői tettek először kísérletet. Az első próbálkozások még 1962-ben történtek, később a technikai és metodikai fejlődés következményeként három, egymástól eltérő véleményt megfogalmazó iskola alakult ki abban a tekintetben, hogy milyen következtetések vonhatóak le az emberi testről készült infravörös felvételekből.

Az első iskolát képzett radiológusok alkották, akik megpróbálták az infravörös képalkotó módszert morfológiai elváltozások kimutatására felhasználni. Kudarcuk oka az volt, hogy kiderült, miszerint a morfológiai elváltozások nem okoznak olyan jellegű és mértékű infra-emissziót, amely a kérdéses régióról kellően értékelhető, alaktani információt nyújtana. Megállapításuk szerint az infra-technológiai módszer anatómiai struktúrák vizsgálatára csak áttételesen, kiegészítő jelleggel alkalmas.

A második iskolába tartozó kutatók azt a célt tűzték maguk elé, hogy a testfelszín hőmintázatából számítógép segítségével színes térképeket, ún. hőtérképeket állítsanak elő, és ezek lehetséges variációit egy átfogó rendszerbe foglalják. Arra törekedtek, hogy az egyes területeken tapasztalható különböző „színelváltozásokat” – azaz lényegében a különböző intenzitású infravörös sugárzást – mutató területek kiterjedéséből és mértékéből megállapítsák, hogy az adott mintaváltozás milyen szervezetbeli elváltozás eredménye, és így minden, a szervezetben végbemenő kóros elváltozáshoz hozzá tudjanak rendelni egy standard színmintázatot, amelyet azután minden azonos típusú elváltozást okozó betegség diagnosztizálásában fel lehet használni. Azt tapasztalták azonban, hogy a testfelszíni infravörös mintázat még az azonos elváltozást okozó betegségben szenvedő, azonos típusú betegeknél is olyan mértékű eltérést

mutatott, hogy az még a legtágabb kritériumokat felállító standardizálást is reménytelenné tette.

A harmadik elképzelés követői az emberi testen, mint kétdimenziós felületen, különböző elképzelések alapján kijelölt pontok abszolút hőmérsékletét mérték meg, és ezekből az adatokból próbáltak, bonyolult számítások útján következtetéseket levonni a testben zajló folyamatokra. Ez a módszer sem vezetett eredményre.

A '80-as évek közepén, amikor újra felmerült az infra-technológiának, mint önálló szomatológiai képalkotó vizsgálati eljárásként való alkalmazásának lehetősége, egy, a témával foglalkozó kutató csoport, az infravörös sugárzás detektálásának technikai lehetőségei vizsgálata kapcsán, feldolgozta az előbb említett három iskola által publikált eredményeket és a vizsgálati módszerek leírását. Arra a megállapításra jutottak, hogy mindhárom irányzat kudarcának az volt az alapvető oka, hogy nem ismerték fel azt a tényt, miszerint az infravörös monitorozás rendkívüli mértékben érzékeny az emberi testben lejátszódó folyamatok hőtermelő – hőelnyelő hatásaira, valamint a testet kívülről érintő bármilyen változásra.

Ez a képalkotó eljárás nem csak technikai szempontból különbözik a többi, akkoriban használt képalkotó eljárástól ( Rtg., UH. ), hanem abban is, hogy elsősorban nem morfológiai – anatómiai képleteket jelenít meg, hanem funkcionális információkat szolgáltat, azaz egy infra – felvétel az emberi testben zajló és folyamatosan változó élettani folyamatokat jeleníti meg, és ebből következően minden olyan hatás, amely ezekre az élettani folyamatokra hatással van, megjelenik az infraképen is. Éppen ebből következik az infra – technológia speciális képessége, miszerint képes kimutatni minden olyan rendelleneséget, betegséget, külső vagy belső hatás által okozott változást, amely megváltoztatja egy harmonikus szerv, szervrendszer biokémiai folyamatait, azaz megbontja az adott szerv endoterm és exoterm folyamatainak egyensúlyi állapotát.



## **Az infravörös sugárzásból nyerhető információk, és a „Szomatoinfra” infravörös képalkotó eljárás ( Budapesti Műszaki Egyetem )**

A képalkotó diagnosztikai eljárások célja az, hogy a szervezetben fennálló, rendellenességeket struktúrálisan kimutassák, annak típusát, helyét, kiterjedését, stb. meghatározzák. A napjainkban alkalmazott képalkotó eljárások többsége invazív jellegű, ami azt jelenti, hogy egy adott személy vizsgálatakor a szervezetet különböző – esetenként kimutathatóan ártalmas – külső behatásoknak, sugárzásoknak kell kitennünk. A röntgen sugárzás káros hatásai közismertek, de emellett vannak más, olyan képalkotó eljárások is, amelyek pontos hatásai nem teljesen tisztázottak, ugyanakkor úgy élnek a köztudatban mint ártalmatlan, veszélytelen eljárások. Ilyen például a terhességi ultrahang vizsgálat, amelynek a magzatra kifejtett esetlegesen káros mellékhatásairól még mindig folyik a vita orvosi berkeken belül.

A képalkotó diagnosztikai rendszerek használatuk során minden esetben egy hármass feltételrendszer egyidejű meglétét igénylik. Igaz ez a Rtg., CT., vagy az MRI. vizsgálatokra épp úgy, mint az UH., a PET., vagy az izotóp – diagnosztikai eljárásokra is. Jellemzője még a felsorolt vizsgálati módszereknek az is, hogy elsősorban morfológiai vizsgálatokra alkalmasak. Némelyik vizsgálati módszerrel lehet ugyan élettani folyamatokat is vizsgálni ( UH. doppler, PET.), de ezek a vizsgálatok is a dinamikus morfológiai változások egymás utáni fázisait regisztrálják.

Jellemző még a felsorolt eljárásokra, hogy csak egyes testrégiók, szervek, szervrendszerek vizsgálatát teszik lehetővé, ugyanis az átfogó vagy hosszabb idejű vizsgálatot a megengedhetőnél nagyobb dózisterhelés kizárja.

A fentebb említett hármass feltételrendszer az alábbi elemekből áll:

1.) Egy **jeladó** készülék, amely a vizsgálati módszer alapját képező sugárzást bocsátja ki. Ez lehet röntgensugár, ultrahang ( ez nem elektromágneses sugárzás ) vagy egyéb sugárfajta. Általános jellemzője a humán diagnosztikának, hogy az invazív képalkotó eljárásokban az elektromágneses spektrum nagyobb hullámhosszúságú tartományába tartozó sugárzást hasznosítják, mivel ezek jóval kisebb energiájú fotonokból állnak mint például a gamma sugárzás ( a nagy energiasűrűségű, ún. „kemény” sugárfajtákat jellemzően a terápiában hasznosítják ). Ugyanakkor, mint azt már fentebb említettük, ezeknek a kisebb energiasűrűségű sugárzásoknak is lehetnek káros mellékhatásaik. A humán gyógyászatban természetesen az a cél, hogy a

létrehozandó kép diagnosztikus értékének számottevő romlása nélkül ezen ártalmas hatásokat a lehető legkisebb mértékűre csökkentésük.

Ugyanígy kell eljárunk a bűnüldözés területén felhasznált eljárások tekintetében is, mint például akkor, ha egy kábítószer csempészség gyanúja alá vont személy testüregeiben kívánjuk kimutatni a lenyelt droglabdacsokat. Ilyen esetekben a vizsgálati módszer káros mellékhatása még kényesebb téma, ugyanis amíg egy beteg esetében, a gyógyítást szolgáló pontos diagnózis felállítása a beteg elsődleges érdeke, és emiatt mind a beteg, mind az orvos elfogadhatónak tartja a ma alkalmazott invazív módszerek esetleges károsító mellékhatásait, addig egy kriminalisztikai vizsgálat alá vont személy esetében ez az elfogadó magatartás már nem várható el. Alapos gyanú esetén természetesen az állam büntetőjogi igényére tekintettel még eltekinthetnénk a bizonyítási eszközként felhasznált egyszeri vizsgálat esetleges káros mellékhatásaitól, de arról már szó sem lehet, hogy ilyen, káros mellékhatásokat okozó eljárást szűrőpróba szerűen, vagy pláne tömeges méretű, ellenőrző jellegű vizsgálatban használjunk fel. Ugyanakkor a bűnüldözés azon területein, ahol például a kábítószer csempészek vagy a terroristák testében, testén vagy ruházatában elrejtett eszközök, anyagok felderítése az elsődleges cél, már évek óta felmerült az igény egy olyan kvázi-automatizált technológia bevezetésére, amely gyors, pontos, és tömeges, szűrő jellegű vizsgálatot tesz lehetővé ( pl.: repülőtéren ).

2.) Egy **detektor** ( jelfogó ) készülék, amely a jeladóból származó sugárzást, ill. annak változásait érzékeli, és megalkotja a vizsgáló személy számára értékelhető formájú képet. Ez egyes esetekben ( CT., PET., MRI.) igen nagy méretű és bonyolult eszközrendszer igényel, ami szintén lehetetlenné, vagy igen körülményessé tenné a fentebb leírt bűnüldözési igénynek megfelelő felhasználást. Képzelnék el, amint egy CT. készülékkel próbálnánk meg egy utcai vagy egy repülőtéren tömegben kiszűrni egy, a testére erősített bombával közlekedő öngyilkos terroristát! Usama bin Laden alighanem röhögőgörcsöt kapna...

3.) A sikeres vizsgálat lefolytatásának harmadik feltétele természetesen magának a **vizsgálat alá vont személynek** a jelenléte. Ahhoz, hogy ez a feltétel teljesüljön, nyilván minden esetben szükséges a vizsgált személy előzetes beleegyezése és tevőleges együttműködése. Ez a humán gyógyászat területén könnyen kivitelezhető, de a bűnüldözés területén nem mindig teljesíthető könnyen egy ilyen feltétel, egyes esetekben pedig, mint például a titkos adatgyűjtés esetében, egyenesen lehetetlen.

*A Budapesti Műszaki Egyetemen ( BME ) létrehozott és működtetett „Szomatoinfra” infravörös képalkotó diagnosztikai rendszer - a fentiekkel*

ellentétben – nem igényel jeladó készüléket, mivel az emberi szervezet által kibocsátott természetes infravörös sugárzást detektálja és elemzi. Ez a rendszer képes arra, hogy az emberi test által folyamatosan emittált, magas információtartalmú, hosszúhullámú, viszonylag széles sáv szélességben elhelyezkedő, kevert infrajeleket komplexen és szelektíven is érzékelje, megjelenítse. A fentebb felsorolt képalkotó eljárásokkal ellentétben az infravörös képalkotó technológia az egyetlen, valóban **non-invazív** diagnosztikai eljárás, ami azt jelenti, hogy ennél a technológiánál csak két tényező együttes fennállása szükséges a vizsgálat lefolytatásához, mivel a jeladó maga a vizsgált személy.

Vegyük sorra, hogy milyen előnyökkel bír a kéttényezős, non-invazív infravörös technológia a háromtényezős invazív képalkotó eljárásokkal szemben:

a.) *A sugárzás esetleges káros mellékhatásai, dózisterhelés.*

A hagyományos képalkotó módszerekkel ellentétben az infravörös technológia az emberi test természetes infravörös sugárzását használja fel. Nem használ külső sugárzó egységet, így a vizsgált személyt semmilyen káros vagy nem káros sugárzás nem érheti.

b.) *A hagyományos képalkotó módszerek csak testtájakat vizsgálnak.*

Ennek oka az, hogy a teljes testre kiterjedő vizsgálat sokkal nagyobb dózisterheléssel jár, ami fokozza a vizsgálat esetleges káros mellékhatásait. Az infravörös technológiával korlátlanul vizsgálható a teljes test, mivel nincs dózisterhelése.

c.) *Hosszú idejű monitorozás nem lehetséges a régebbi eljárásoknál.*

Ennek is ugyanaz az oka, mint az előző pontban leírtaknak, ugyanis a hosszú idejű monitorozás esetén a dózisterhelés is a sokszorosára nő, ami megnöveli a vizsgálati eljárás kockázatát. Az infravörös monitorozás elvben korlátlan idejű lehet, mivel itt tényleg nincs sugárterhelés.

d.) *Háromtényezős rendszer – kéttényezős rendszer.*

A legtöbb hagyományos képalkotó módszernél a jeladó – vizsgált személy – detektor tényezőlánc pontos beállítása szükséges a vizsgálat sikeréhez. Ez a medicinában általában nem is okoz problémát, de a kriminalisztikai célú felhasználás lehetőségeit jelentősen behatárolja. Az

infravörös technika működési elve lényegében hasonlít az emberi szem működéséhez, azaz a kívülről érkező jelet passzív detektorként dolgozza fel, a különbség csak az érzékelt fény hullámhosszában van.

Mivel az érzékelési irány nincs kötve egy speciális jeladó készülék elhelyezkedéséhez, a vizsgált személy a térben bárhol elhelyezkedhet, a vizsgálathoz elég csak a detektort ráirányítani. Ez a speciális tulajdonság alkalmassá teszi az infravörös technikát arra, hogy gyors egymásutánban, nagyobb térben elhelyezkedő személyeket vizsgálhassunk meg.

*e.) Amikor a kisebb a jobb.*

A hagyományos képalkotó technikák jelentős méretű, jeladóból és detektorból álló rendszert jelentenek. Ezek működtetéséhez a Kórházakban külön épületek szükségesek. Még az ultrahangos technika működtetése, amely talán a legkisebb méretű a hagyományos eszközök közül is nehezen képzelhető el külön vizsgálati helység nélkül.

Ezzel szemben az infravörös detektor nem nagyobb, és nem is nehezebb mint egy hagyományos, kézi videokamera, amelyet túristák ezrei hordanak magukkal. A BME szakemberei elkészítették a detektorhoz tartozó számítógépes adatfeldolgozó rendszer hordozható változatát is, ami belefér egy közepes méretű utazóbőrönbe. Az ennél is nagyobb mobilitás elérése érdekében lehetőség van arra is, hogy a méretében és külső megjelenésében is egy videokamerára hasonlító detektorhoz adatátvivő kézi-készüléket ( mobiltelefon ) kapcsoljunk, ami közvetlenül, vagy az interneten keresztül biztosítja az adatforgalmat a feldolgozó egység és a detektor között.

A kis méret, a mobilitás valamint egy speciális jeladó készüléktől való függetlensége teszi az infravörös képalkotó eljárást alkalmassá arra, hogy utcán, repteren, vasút-állomáson vagy akár helikopterre telepítve segítse a bűnüldöző hatóságok munkáját.

### **Az infravörös felvételek készítésének technikai megvalósítása**

Az infravörös képalkotó rendszer , miként azt az előbbieken kifejtettük, egy kéttényezős képalkotó rendszer, azaz nem tartozik hozzá egy speciális sugárzást kibocsátó jeladó készülék. Ennek következtében a rendszer alapvető technikai komponensét az emberi test természetes infravörös sugárzását

érzékelő detektor képezi. Ez az eszköz első ránézésre sem külsejét, sem súlyát tekintve nem sokban különbözik egy átlagos méretű és súlyú videokamerától. Az infravörös detektorokat, kamerákat jelenleg túlnyomó részt az iparban, illetve a hadiiparban használják. Az ipari felhasználású detektorok többnyire az infravörös spektrumnak a látható fényhez közelebbi, rövidebb hullámhosszúságú tartományában működnek, míg a hadiiparban használt detektorok, a lehetséges felhasználási céloknak megfelelően az infravörös spektrum jóval nagyobb szeptét képesek érzékelni.

Az infradetektorok érzékenységét meghatározza a detektorfelület hőmérséklete, ugyanis minél nagyobb a környezet és a detektorfelület közötti hőkülönbség, annál érzékenyebb a detektor. Ebből következik, hogy a detektor méretére és érzékenységére kihat a hűtés mértéke és a hűtőegységben alkalmazott hűtési eljárás. Jelenleg három hűtési technológia terjedt el leginkább: a folyékony nitrogénre, héliumra valamint a termoelektromos hűtési eljárásra alapozott technológia.

Ezek felhasználási területei természetesen eltérőek, hiszen ott ahol nagy érzékenységre és ebből következően nagy hőmérséklet különbségre van szükség, ott e nagyobb méretű, bonyolultabb ( pl.: a folyékony nitrogént használó ) eljárást érdemes használni, míg egy kézben tartható, vagy egy arc elé csatolható, katonai éjjellátó eszköz esetében a kisebb méretű és súlyú technológia kerülhet alkalmazásra.

A tömeges humán vizsgálat feltételeinek megfelelő detektorok minőségi paramétereit a Budapesti Műszaki Egyetem munkatársai a „Szomatoinfra” képalkotó technológia tervezése és kivitelezése során határozták meg. A detektor és az adatfeldolgozó egység által alkotott rendszernek alkalmasnak kell lennie az egyedi infravörös kép és a hagyományos képalkotó eljárásban készült kép egybevetésére éppúgy, mint a monitorozásra és a folyamatos infravörös képfelvételekre is. A BME Szomatoinfra laborjában működő rendszerhez, a minimum 1/25-öd másodpercenkénti képfelvételre képes detektort Svédországban készítenek el, míg a képek komplex feldolgozását, tárolását és más képalkotó eljárásból nyert képekkel való összevethetőséget lehetővé tévő számítógépes rendszer a BME szakembereinek keze munkáját dicséri.

A rendszer által létrehozott, diagnosztikai értékű kép úgy áll elő, hogy a készülék a vizsgált területet 68.000 képpontra bontja és minden képpontban megméri az adott pont hőmérsékletét. A kapott mérési adatok alapján a számítógép a mérőpontok egyedi hőmérsékleti értékéhez (tulajdonképpen az

ezekből a pontokból sugárzó infravörös sugárzás hullámhosszához ) a nekik megfelelő, ú.n. hamis színt rendel, és az így kapott színes képet jeleníti meg.

A „Szomatoinfra” rendszerben használt detektor hőfelbontása állítható és hangolható. Ez módot ad a hőmérsékleti tartomány és a hőfelbontás módosítására az adott vizsgálat speciális igényeinek megfelelően. A humán – gyógyászati vizsgálatokban általában 1 C fokos hőfelbontással, 10 C fokos hőtartományban és ebből következően 10 szín használatával készülnek. Ugyanakkor minél kisebb a vizsgálandó terület, annál jobban növelhető a színfelbontás is. A rendszer alkalmas akár 0,03 C fokos hőfelbontás elérésére is, így a folyamatos leképezési eljárást alkalmazva, ilyen felbontás mellett az ú.n. isotherm zónák is jól megfigyelhetők. Összehasonlításképpen kívánjuk csak megjegyezni, hogy egy szúnyogcsípés mért hőmérsékleti értéke akár 3 C fokkal is eltérhet a környezetében mérhető hőmérséklettől. Ezzel a rendkívül érzékeny felbontással akár 1 milliméternél kisebb méretű hógócok, ú.n. infrafenomének is elkülöníthetők és vizsgálhatók, szemben a hagyományos képalkotó eljárások által elérhető felbontással, ugyanis a hagyományos technológiákkal a néhány milliméternél kisebb anatómiai – morfológiai elváltozások már nemigen érzékelhetőek. Ennek oka abból a biofizikai jelenségből adódik, hogy egy környezeti dinamikus fiziológiás hatás minden körülmények között emittálja a zajló folyamatra specifikusan jellemző, infravörös sugárzást, míg a hagyományos transzmissziós ( azaz a vizsgált testen áthaladó, külső forrásból származó sugárzást felhasználó ) képalkotó eljárásoknál ilyen kis mérési tartományban már számos érzékelési és elkülönítési probléma adódik.

Bár annak ellenére, hogy - mint említettük - az infravörös technológia nem igényel külön jeladó készüléket és így nincs kötve méréskor egy speciális mérési irányhoz, a felvétel készítésekor - pont a mérési érzékenység miatt - néhány körülmény tekintetében óvatosan kell eljárunk. A vizsgálat kezdetekor a kiválasztott érzékenységnek megfelelő vizsgálati távolságot, és a vizsgált személy pozícióját pontosan be kell mérni. A vizsgálni kívánt régióra való pontos beállást a detektorral szinkronban működő, lézeres pozícionáló egység biztosítja. A felvétel készítése során arra is ügyelni kell, hogy a detektor munkáját a vizsgált személyen kívül álló, más markáns infrasugárforrás ne zavarhassa.

A vizsgálat során a vizsgált személynek természetes, álló helyzetben kell lennie, mivel ez a helyzet biztosítja a természetes termoregulációs folyamatok működését és vizsgálhatóságát.

A legnagyobb figyelmet a felvétel elkészítése előtt a páciens egyedi infrafrekvenciájának behangolása igényli. Ennek a behangolásnak a sikerén múlik, hogy a felvételnek mekkora lesz a humán – gyógyászatban felhasználható, diagnosztikai értéke. Fontos megemlítenünk azt a körülményt is,

miszerint a mérés illetve a kiértékelés során nincs szükség a testfelszín hőmérsékletének pontos ismeretére, mivel nem *abszolút* mérést végzünk, hanem a vizsgált személy szervezete által, a mérési pontokon kibocsátott sugárzásnak, az emberi testre általánosan jellemző infrasugárzási tartomány középértékétől ( ami 9600 nm körül van, de egyénekenként eltérő ) való eltérését, az átlagértéktől való elhangelődés *relatív* mértékét vizsgáljuk.

Az elkészült felvételek digitalizált formában kerülnek rögzítésre a páciens külön adattárában. Ehez az adatállományhoz lehet hozzacsatolni a vizsgált személy azonosító kódját, egyéb adatait, valamint a más, hagyományos képalkotó eljárásokkal készült, diagnosztikai képanyagot. Mód van arra is, hogy a rendszerbe egyszerű fényképfelvételeket is bevigyenek a vizsgált testrégióról, abból a célból, hogy a test felszínének állapotát, esetleges elváltozásait is értékelhesse a vizsgálatot végző személy.

Ez a multi képalkotási technológia az, amely tetszőleges számú és különféle technológiával készült képek tárolásával, egyidejű megjeleníthetőségével módot ad arra, hogy a beteget vizsgáló orvos a különböző diagnosztikai rendszerek által nyújtott információt egybevetesse és az eddigieknél sokkal pontosabb, komplexebb diagnózist állíthasson fel.

A rendszerhez tartozó segédmonitorokon egyszerre nyolc kép is megjeleníthető, így összevethetővé válik a bőrfelszínről készült vizuális látlet az anatómiai információkat nyújtó Rtg. felvétel és az élettani-funkcionális információkat adó infravörös felvétel is. A páciens adatarhívuma szabadon bővíthető az élettani folyamatokról készült összehasonlító felvételekkel, korlátlan monitorozással, vagy videószerűen rögzített anyagokkal. Ez nem csak az aktuális vizsgálatban játszhat fontos szerepet, hanem a későbbiekben mint kontroll anyag, vagy olyan, terápiás eljárások nyomomonkövetésénél, amikor az emberi test érzékeny reakciókat produkálhat a terápiában alkalmazott eljárásokra ( pl.: gyógyszerek hatásainak vizsgálata ).

Ebből is látható, hogy bár az infravörös képalkotó technológia egymagában is fontos információkat képes nyújtani a vizsgálatot végző orvos számára, az igazán nagy előrelépést a diagnosztika terén az infratechnológia és a hagyományos képalkotó eljárások kombinált felhasználásával érhetjük el.

## **Az infravörös sugárzásból nyerhető információk feldolgozásának problémái**

Az infravörös technológia orvos-diagnosztikai célú felhasználhatóságának kutatása során már a kezdetekkor számos olyan

problémával találták szemközt magukat a témával foglalkozó szakemberek, amelyek a kor technikai színvonalán megoldhatatlannak bizonyultak, és ez végül a témát feldolgozó mindhárom iskola részleges vagy teljes kudarcát okozta. Ezek a problémák az infratecnológiának pont abból a speciális tulajdonságaiból eredeztethetőek, amelyek a jelenlegi műszaki-informatikai szinten oldhatók meg, és amelyek az infravörös képalkotó diagnosztikai eljárást kiemelik a többi, hagyományosnak tekinthető képalkotó metódusok közül.

Ezek az okok nevezetesen a következők:

- 1.) Az emberi test által kibocsátott infravörös sugárzás viszonylag széles spektrumú, kevert és rendkívül információgazdag jelet ad. Az első kutatócsoportoknak még nem állt rendelkezésére olyan számítógépes rendszer, amely képes lett volna egyrészt differenciálni a detektált spektrumon belül az érdektelen és a vizsgálandó hullámhosszok között, másrészt képes lett volna megbírkózni azzal az információ-tömeeggel, amelyet az infravörös sugárzás az emberi testről közvetített.
- 2.) Az infravörös technika, avagy régebbi elnevezéssel a termovíziós diagnosztikai eljárás által adott kép igen érzékeny a test infraképét befolyásoló, egyéb olyan tényezőkre, mint például a vizsgált személy neme, alkata, életkora, korábbi betegségei, fizikális sérülései, pillanatnyi fizikális állapota, igénybevétele, vagy az évszak, napszak, külső hőmérséklet, páratartalom és még megannyi apróbb hatás. Épp ez az érzékenység biztosítja az eljárás információgazdagságát.

Kijelenthetjük, hogy az infrakép tekintetében nincs két egyforma ember, még az egyetértő ikrek is teljesen különböző infraképet produkálnak. Különösen akkor értjük meg ennek az állításnak az igazságát, ha figyelembe vesszük azt a tényt, miszerint az infravörös technológiával a több évtizeddel a vizsgálat időpontja előtt esett és már teljesen begyógyult sérülések infrakivetülései is tökéletesen detektálhatóak.

A korai kutatócsoportok számára viszont ennek a számos befolyásoló tényezőnek az értékelése, vagy akár csak a kiszűrése is megoldhatatlan problémának bizonyult.



3.) Az infravörös képalkotó eljárás elsősorban nem anatómiai-morfológiai képletek bemutatására alkalmas, hanem a testben zajló funkcionális folyamatok, mint például izomösszehúzódás, emésztés, idegi aktivitás, vagy a szervekben, szervrendszerekben lezajló, endoterm-exoterm biokémiai folyamatok által létrehozott hőmennyiségek eloszlását, azok gócpontjait, illetve a hőtranszport folyamatok komplex képét mutatja meg. Éppen ennek a funkcionális információhalmaznak az értékelése során juthatunk el egy diagnosztikai értékkel bíró képhez, amelyből nem a csont-, vagy szervrendszer formájára, hanem a szervezet élettani-kórélettani állapotára, működésére következtethetünk. Az infravörös technológia ezen tulajdonságát a korai kutatás kezdetén a résztvevő iskolák egyike sem ismerte fel, és emiatt az alapvető koncepcionális tévedés miatt munkájuk akkor is kudarcra lett volna ítélve, ha a fentebb említett egyéb problémák megoldásában sikert értek volna el.

Nem mellékesen kívánunk itt is rámutatni arra a későbbiekben még kifejtésre kerülő lehetőségre, amelyet az infratechnológia élettani funkciókat bemutató képessége a kriminalisztikai gyakorlat számára kínál. Ugyanis nem csak az előbb felsorolt élettani folyamatok produkálnak értékelhető infraképet, hanem az emocionális állapot is jól felismerhető általa. Ez a tény lehetőséget nyújt arra, hogy egy viszonylag nyugodt utcai tömegből vagy a reptéren várakozó utazó közönségből automatikusan kiszűrhetőek legyenek az első ránézésre nem látható, de az infradetektor számára értékelhető mértékben felfokozott emóciós állapotban lévő, izgatott személyek. Ez még akkor is hasznos, ha netán az illető csak a repüléstől retteg, mivel így mód van arra, hogy szakképzett személyek segítségét vegye igénybe a rettegése leküzdéséhez és így elkerülhetővé válik egy esetleges pánikroham a repülés közben. Ha viszont az izgalmi állapot azért áll fenn, mert az illető épp bűncselekményt hajt végre ( pl.: csempész ), vagy netán terrorcselekményt, légi jármű hatalomba kerítését tervezi, akkor az infratechnológia felbecsülhetetlen értékű előrejelzéssel szolgálhat a biztonsági szervek számára.

4.) Az 1962-től működő nemzetközi termográfias iskolák tévedéseinek és pontatlan eredmény-feldolgozásainak igen lényeges oka volt az is, hogy tévesen választották meg a detektorok érzékelési tartományait is.

Az orvos-hődiagnosztikai, termográfiai stb. mérések kivitelezésekor 1000-5000 nm-es ( nanométer ) tartományban működő, alacsony felbontású és érzékenységgű, ipari infrakamerákat használtak fel. A BME kutatócsoportjának számításai alapján kiderült, hogy az emberi test humán – gyógyászati szempontú vizsgálatához a 7300 nm-től az 11000 nm-ig terjedő infravörös sugárzási spektrumra érzékeny detektor alkalmas, amelynek képfelbontási képessége minimum 68000 pixel, valamint pixelenként képes a 9600 nm központi értékhez viszonyított ( + / - ) 300 nm-es hullámhossz-sávok detektálására, folyamatos sáv szélesség állítás mellett 3 – 10 nm-es érzékenységet biztosítva.

Mindezen felsorolt, az infratechnológia sajátosságaiból eredő problémákat a Budapesti Műszaki Egyetemen megalkotott „Szomatoinfra” képalkotó módszer igyekezett kiküszöbölni a zavaró spektrális elhangolások kiszűrésével, a lényeges, differenciált infrasppektrumok kiemelésével, az isotherm zónák mérésével valamint az ú.n. interferencia kiemelésekkel. Ezek a technikai megoldások teszik lehetővé az emberi test által kibocsátott infrakép objektív, diagnosztikai használhatóságú kiértékelését. A gyakorlat során viszont az is világossá vált, hogy a magas szakmai színvonalú, sikeres munkának nem csak technikai-technológiai előfeltételei vannak. Alapfeltétel az is, hogy a vizsgálatot végző személy az orvostudományi ismereteken felül nagy tapasztalatot szerezzen az infrafelvételek vizsgálatában és az eredményt befolyásoló tényezők hatásainak ismeretében. Ellenkező esetben – éppen a nagy információgazdagság és a lehetséges variációk hatalmas száma miatt – rengeteg álpozitív, illetve álnegatív eredmény születhet. Ez nem csak a humán-gyógyászatban, hanem a bűnüldözés területén is súlyos következményekkel járhat. Ezt a tapasztalatszerző munkát viszont csak megalapozott természettudományi és orvostudományi ismeretekre lehet építeni, mivel az emberi testben lejátszódó komplex biokémiai, fiziológiai folyamatok megértéséhez átfogó, szakirányú képzettségre van szükség. Egy orvosi képzettséggel, különösen szakorvosi előképzettséggel rendelkező személy számára ugyanakkor könnyen, akár fél – egy év, munka mellett is végezhető képzéssel is elsajátítható az infravörös képalkotó eljárás metodikája és a kapott képek értékelésének technikája. Így az infravörös képalkotó eljárást könnyen az általános diagnosztika részévé válhat, egyben lehetőséget teremt a további kutatómunka orvos – szakmai továbbfejlesztésére is.

Bár már említettük, hogy egy – egy elváltozáshoz a végső képet befolyásoló, sok egyéb infrajel okán nem rendelhető egyetlen infrakép, a betegségeknek mégis van azonosítható infrakivetülése. Ezt a speciális infrakivetülést úgy lehet megtalálni, ha több, ugyanolyan betegségben szenvedő, de eltérő életkorú, nemű, fizikai adottságú stb. személyről készítünk felvételeket, s ezeken azonosítjuk a betegségből eredeztethető infrajel - azonosságokat. Ebből az adatmennyiségből már képesek lehetünk összeállítani az ú.n. **Humán Infra Atlaszt**, amelyet a későbbiekben sikerrel használhatunk a diagnosztikai eredmények értékelésében. Mint már említettük, a mérés során valójában nem a vizsgált személy testfelszínének abszolút hőmérsékletét mérjük, hanem az infravörös sugárzásának az átlagostól való elhangolódását. Ennek az elhangolódásnak a mértéke bár erősen függ az adott személytől, de mégis jellemző az alapállapotot megváltoztató betegségekre is. Tehát ha egy páciens „orvosi előéletét”, illetve az ezt mutató infraképeket, mint kontroll anyagot ismerjük, és a páciens adattárából előhívjuk, kimutathatjuk azokat a szignifikáns eltéréseket, amelyek a vizsgálatkori megváltozott ( beteg ) állapot, és a vizsgált személy kontroll képein rögzített, egészséges állapot között mutatkozik.

Ez az eltérési kép lesz az ő, egyenlőre még ismeretlen betegségére jellemző infrakép. Ezután a Humán Infra Atlaszból lehívott, a korábban azonosított betegséggű személyek infraképeinek segítségével lehetőség nyílik a vizsgált páciens betegségének megállapítására.

Ez a diagnosztikai módszer tehát egy folyamatosan bővülő adatbázist igényel, melyhez minden vizsgálat alkalmával újabb adatok kerülnek. Az elmúlt években a BME kutatói több ezer páciensről több mint 160.000 felvételt készítettek el, s ezek a felvételek képezik az egyre fejlődő és bővülő Humán Infra Atlasz információbázisát. Azonban a fentiekből is kiderül, hogy az infravörös képalkotó eljárás nem a hagyományos képalkotó eljárások helyett, hanem azokkal együtt, azokat természetes módon kiegészítve alkalmazhatjuk eredményesen. Egy anatómiai elváltozás, mint például egy csonttörés diagnosztizálására a hagyományos képalkotó eljárások ( Rtg. CT. ) igencsak alkalmasak, ugyanakkor a gyógyulási folyamat során működő funkcionális folyamatokról, azokban esetlegesen fellépő zavarokról, gyulladásos folyamatokról az infratechnika adhat gyors és pontos előrejelzést, diagnosztikai képet.

## **A szomatoinfra és más infravörös technológiák alkalmazási lehetőségei a kriminalisztikában**

Az infravörös technológia nem orvos–diagnosztikai, humán-gyógyászati, hanem kriminalisztikai, közrendvédelmi célú felhasználása igen sokrétű lehet. Vannak olyan alkalmazási módok amelyeket már jelenleg is alkalmazhatóak, mint például a biztonsági őrzés – védelem területén használt infravörös mozgásérzékelők, térfigyelő infrakamerák, vagy esetleg egy nagyobb, erdős területen eltévedt, eltűnt személyek felkutatásakor használt infradetektorok, ugyanakkor számos, a kriminalisztikában igazán jelentős előrelépést eredményezhető alkalmazási lehetőségnek a gyakorlatban való felhasználási módja még kidolgozásra vár.

## **A szomatoinfra alkalmazási lehetőségei**

A testi sértések által okozott sérülések pontos felmérése

A „Szomatoinfra” technológia jövőbeni, kriminalisztikai célú felhasználásához a fentebb leírt Humán Infra Atlasz felállításában és használatában követett elvhez hasonló módszer szerint kell majd eljárunk.

Az egyenlőre még nem létező **Kriminalisztikai Infra Atlasz** a különböző elkövetési módon, eszközökkel okozott testi sérülések, belső elváltozások, eddig nem detektált, maradandó, funkcionális állapotváltozások infraképeit tartalmazná. Ezen adatbázis összehasonlító használata nemcsak az erőszakos bűncselekmények minősítésében nyújtana segítséget, hanem az olyan, eddig figyelembe nem vett, a bűncselekménnyel okozott funkcionális elváltozások büntetőjogi értékelését is lehetővé tenné, amelyek kimutatása a hagyományos, anatómiai elváltozásokra koncentrált eljárásokkal nem lehetséges.

Különösen akkor érthetjük meg az infratechnológia által nyújtott különleges információk jelentőségét, ha figyelembe vesszük, hogy ez az egyetlen olyan képalkotó eljárás, amely képes objektíven kimutatni magát a fájdalmat is.

A fájdalom ugyanis pontosan meghatározható, ideg-élettani, biokémiai működés eredménye, amely a többi, az emberi testben lezajló biokémiai folyamathoz hasonlóan infrajelket is produkál. Ennek az infrajelnek a felderítése, intenzitásának mérése pontos képet adhat a vizsgáló személy számára az olyan

erőbehatások mértékéről is, amelyek nem okoztak kimutatható anatómiai elváltozást.

A gyakorlatban eddig a testi sértések minősítésében szerepet játszó gyógyulási idő meghatározásakor első sorban az anatómiai – morfológiai elváltozások gyógyulási idejét vettük figyelembe, holott számos esetben a bűncselekmény által okozott funkcionális elváltozás gyógyítása sokkal több időt igényel mint az esetlegesen nem is túl súlyos anatómiai elváltozás helyreállítása. Például egy olyan esetben, amikor az erőbehatás esetleg csak egy ízületi szalag meghúzódását eredményezi, az ízület fizioterápiás utókezelése igen hosszú időt, akár éveket is igénybe vehet. Ugyanakkor a védelem számára fontos lehet az is, hogy a fájdalom kiterjedésének és intenzitásának objektív és pontos kimutatása megakadályozhatja sértett szimulatív viselkedéséből eredő túlértékelést is.

Különösen érdekes az infratechnológia azon képessége, miszerint a testi sérülések szöveti és funkcionális elváltozásainak utóképe a sérülés után több évvel, évtizeddel is képes kimutatni. Ez több okból is igen fontos szerepet játszhat egy bűncselekmény által okozott testi kár megítélésakor. Egyrésztől módot ad arra, hogy elkülöníthessük az aktuálisan vizsgált elváltozások hatásait egy már korábban megvolt sérülés utóhatásaitól, másrésztől lehetőségünk nyílik arra is hogy az aktuális sérülés és a régről maradt állapotváltozás komplex együttthatását is értékelhessük. Lehetséges ugyanis az, hogy egy már régen meggyógyult sérülés negatív hatásait egy új erőbehatás újból előhozza, vagy a régi sérülés által okozott maradandó állapotváltozást, annak hátrányos hatásait az új sérülés súlyosbítja. Ezeket a komplex együttthatásokat nemcsak a sérült orvosi ellátása során, hanem a bűncselekménnyel okozott testi károsodás mértékének és ezen keresztül a bűncselekmény minősítésének megállapításakor is figyelembe kell venni.

Az orvosi gyakorlatban sokszor okoz gondot egy olyan beteg ellátása, aki fájdalokra, izommerevségre vagy fejének, nyakának esetleg valamely végtagjának mozgás – beszűkülésére panaszkodik, de ezek okát sem ő maga, sem a vizsgáló orvos megjelölni nem tudja. Az ilyen esetek infratechnológias vizsgálatakor gyakorta derül ki az, hogy a panaszok oka egy évvel korábbi, már a beteg által el is felejtett sérülés.

Ha viszont ez a régi sérülés egy bűncselekmény következtében jött létre, akkor annak lehetnek visszamenőleges, büntetőjogi következményei is.

Visszaélés kábítószerrel.

Jelenleg egy kábítószer hatása alatt álló személy elkülönítése egy hasonló hatás alatt nem álló emberekből álló csoportból, csak akkor lehet elvárás, ha az illető kábítószeres befolyásoltságának mértéke olyan nagy, hogy viselkedése, testtartása, mozgáskoordinációjának feltűnő leromlása árulja el. A jövőben viszont, az infratechnológiát alkalmazó vizsgáló számára nem jelent majd különösebb problémát. Az ilyen jellegű feladatok megoldásában használhatjuk ki az infratechnológia azon tulajdonságát, miszerint képes kimutatni az élő szervezetben zajló biokémiai folyamatokat, legyenek azok természetes vagy mesterséges eredetűek.

A kábítószeres hatásmechanizmusára az jellemző, hogy ú.n. endorphin – analóg jellegűknél fogva képesek utánozni a természetes endorphin hatását az idegszövetre. Az endorphin hatása sokrétű, erős fájdalomcsökkentő hatása éppúgy ismert, mint az ú.n. „boldogság-hormon” hatása.

Hatásmechanizmusa röviden a következő:

Az idegsejtek sejtmembránjának felszínén többféle receptor található, amelyek mindegyike egy bizonyos hormonra vagy más típusú hatáskiváltó vegyületre specifikus „fogadó felülettel” rendelkezik. Erre a „fogadó felületre” csak a neki megfelelő, vagy ahhoz kémiai szerkezetében nagyon hasonló vegyület képes kapcsolódni. Ha ez a kapcsolat létrejön, akkor a receptor-rendszer, amely több komponensből áll, szerkezeti átalakuláson megy át. A receptor teste átér a sejt kettős membránfalán, és belső felszínéhez olyan másodlagos hírvivő rendszer kapcsolódik, amely a receptor konfiguráció-változásának hatására aktiválódik, és indukálja a megfelelő biokémiai folyamatot a sejten belül.

A sejt válaszreakciójának mértéke aszerint nő vagy csökken, hogy a felszínen elhelyezkedő, az adott válaszreakciót indukáló, azonos típusú receptorok hány százaléka jelez kapcsolódást. Ennek a rendszernek a segítségével képesek a sejtek biokémiai kommunikációt folytatni egymással, illetve a szervezet hormonális háztartása, belső szerv illetve szöveti alapú kommunikációja is ezen alapul.

Ugyanakkor ha a sejt azt érzékeli, hogy az azonos típusú receptorainak túlnyomó hányada folyamatosan le van kötve, akkor megnöveli az adott típusú receptorok számát a sejtmembrán felszínén. Ha az újonnan megjelenő receptorok már nem, vagy csak kisebb hányaduk jelez kötődést, akkor a sejt is csökkenti a specifikus válaszreakciójának mértékét. Ez a jelenség a hozzászokás.

A kábítószer ( az ú.n. morphin-származékok ) hatásának biokémiai alapja éppen az, hogy hatóanyaguk biokémiai szerkezete nagyon hasonlít a szervezetben természetes formában termelődő, endorphin nevű hírvivő molekulához, és így képes sejtszinten becsapni a szervezetet és kiváltani azt a hatást, amelyet az általa „utánzott” vegyület, az endorphin termelődése kivált. Ez a hatás kisebb mértékben erős fájdalomcsillapításban, nagyobb mértékben pedig eufórikus érzelmi állapot kialakulásában nyilvánul meg.

A veszélyt azonban nem a hatás, hanem a mérték jelenti. A kábítószer élvező által fogyasztáskor bevitt endorphin–analóg vegyületek koncentrációja a természetes endorphin koncentrációt sokszorososan meghaladja. Ez a sokszoros koncentráció az, amely az első néhány alkalommal sokkszerűen váltja ki a természetes koncentráció esetén létrejövő hatásnál jóval nagyobb erejű reakciót, viszont igen gyorsan meg is alapozza a fentebb leírt hozzászokást is. Ezen a ponton válik a kábítószer-élvező függővé, ugyanis a hozzászokás után a természetes endorphin-koncentráció már nem tudja a neki megfelelő hatást kiváltani. Ez az alapja a kábítószer-függők által leírt azon hatásnak, miszerint kábítószer hiányában fájdalom és levertség gyötri őket. A rossz közérzet, illetve az ehez járuló többi, ú.n. elvonási tünet negatív összehatása olyan erős, hogy a függésben levő személy egy idő múlva már azért fogyasztja a kábítószer, hogy a normális, vagy legalább az ahoz közel álló közérzeti szintet elérje.

A hozzászokási stádium kezdetét az jelzi, hogy egyre csökken a bevitt kábítószer által kiváltott hatás mértéke. Ekkor a fogyasztó, hogy a rossz közérzetet elkerülje és az általa kívánt eufórikus hatást újra átélhesse, elkezdi növelni a bevitt kábítószer mennyiségét. Ezen az úton elindulva, ha külső segítséget nem kap, előbb-utóbb eljut a túladagolásig, amikor már olyan nagy mennyiségű kábítószer visz be a szervezetébe, amelyet az már nem képes tolerálni és így a kábítószer-élvező a szó szoros értelmében megmérgezi önmagát. Ehez az önpusztító folyamathoz társul az a járulékos hatás amely a függő személyt, hogy a mindennapi kábítószer adagját megvehesse, bűnelkövetési magatartásba hajszolja.

Az egyik oldalon a kábítószer előállítás, csempészete és terjesztése hatalmas mennyiségű, illegális jövedelemhez juttatja az erre szakosodott nemzetközi méretű és összetételű bűnszervezeteket. Ugyanakkor a másik oldalon, a társadalom teherbíró képességét igencsak megviseli az az összetett kár amely a kábítószer-élvezők elkövetette bűncselekmények által okozott kárból, a rehabilitációs költségekből valamint az igen erős, nemzetközi bűnszervezetek elleni harc költségeiből áll. A szédült családok, a tönkrement életek, és a gyermekekre leselkedő veszély jelentette felmérhetetlen társadalmi kárról nem is beszélve. Mindezekből következően a kábítószer-ellenes harc a

bűnüldöző szervek elsődleges feladatai között kell, hogy szerepeljen és csak nemzetközi összefogásban vezethet eredményre.