

Opponensi vélemény

Dr. Hermann Péter

„Digitális lenyomatvétel: új perspektívák a fogpótlásban”

című MTA doktori pályázatáról

1. Formai és stiláris szempontok

Az értekezés teljes terjedelme 143 oldal, ebből a szövegtörzs 123 oldalt tesz ki, a fennmaradó 20 oldalon a tartalomjegyzék, a rövidítések jegyzéke, az irodalomjegyzék, valamint az ábrák és táblázatok jegyzéke kapott helyet. Az értekezés alapját a jelölt saját munkáin túl 212 szakirodalmi hivatkozás adja, amelyek közül a legtöbb szorosan kapcsolódik az értekezés témájához. A hivatkozások a legtöbb esetben a közelmúltból származnak, amire a jelölt láthatóan törekedett, de logikus is, hiszen a tárgyalt terület csak az elmúlt 1-2 évtizedben került komolyabban a szakmai-tudományos érdeklődés homlokterébe. A megértést 58 ábra és 13 táblázat segíti. Ezek jobbára könnyen értelmezhető, igényes kivitelű ábrák. A vizuális élmény talán csak a 69. oldal két ábrájánál sérül némileg, itt nem világos, hogy az amúgy saját közleményekből származó tanulási görbék miért elmosódtak, felbontásuk miatt tér el az értekezés többi ábrájának felbontásától. Az eltérés persze nem olyan mértékű, ami az értelmezhetőséget zavarná, de esztétikum szempontjából mindenképpen feltűnő. Sajátos, bár mindenképpen eredeti a 21. ábra megoldása, amennyiben a chairside CAD/CAM rendszerek részeit egy kézzel-rajzolt ábrán szemlélteti. Az ábrák kapcsán megjegyzendő még, hogy nem minden ábra feliratait fordították le magyarra, így pl. a 38.-41. ábrák feliratai angolul szerepelnek, a 42. ábra viszont már magyar feliratokkal rendelkezik. Hasonló a helyzet a táblázatokkal. Ezt talán célszerű lett volna egységesíteni.

Az értekezés nyelvhasználata gördülékeny, szakmabeli olvasó számára jól olvasható, könnyen értelmezhető, a nyelvi kivitelezés a szerkesztéshez hasonlóan igényes, mindössze néhány elgépelés, kisebb nyelvi hiba (pl. *in vitro* kötőjeles írása) fordul elő, de ezek az érthetőséget nem befolyásolják.

Újszerű, érdekes megoldás, hogy az értekezés bevezetését egy személyesebb, kevésbé formális hangvételű preambulum is megelőzi. Ez valóban egyfajta előszóként funkcionál, a szerző szempontjából ad rövid rátekintést a disszertáció tágabb területére, mintegy segítve az olvasót a kontextusba helyezkedésben.

2. Tartalmi szempontok

A doktori munka a korszerű fogorvoslás egyik legaktuálisabb, az irodalomban is folyamatosan vitatott témáját, a digitális lenyomatvételt tárgyalja, négy különféle aspektusból, a jelölt saját *in vitro* és *in vivo* vizsgálatai alapján. A dolgozat témájával összefüggőként a jelölt 12 publikációt jelöl meg, ezek közül 10 folyóirati közlemény (ebből 8 idegen nyelvű), 2 pedig könyvfejezet. Az értekezésben a jelölt összehasonlító jelleggel vizsgálja direkt és indirekt

CAD/CAM digitalizációs rendszerek pontosságát (*in vitro*), bemutatja a laborscannerrel végzett digitalizáció pontosságára vonatkozó eredményeit (*in vitro*), ezen felül vizsgálja a digitális lenyomatkészítés tanulhatóságát, ennek tanulási görbéjén keresztül (*in vivo*), végül a kereskedelmi forgalomban kapható 12 intraorális scanner egységes szempontrendszerre alapozott összehasonlító vizsgálatát ismerteti (*in vitro* és *in vivo*). Ez utóbbi tanulmány a pontosságon túl olyan szempontokat is körbejár, mint az ergonómikus kialakítás, a scannelés folytonossága vagy a scannelés időigénye. Ezek a témák kétségkívül olyan témák, amelyek a szakirodalomban rendre felmerülnek, hiszen az értekezésben tárgyalt technológia kritikus pontjait jelentik. Összességében megállapítható, hogy a témaválasztás igen aktuális, hiszen a digitális lenyomatvételi, illetve CAD/CAM technológia alkalmazása, a digitális fogorvoslás talán jelenleg legelterjedtebb megnyilvánulási formájaként, a fogorvosi rendelők napi valóságává vált, miközben még mindig számos kérdés övezi.

Az értekezést egy igen alapos, 40 oldalnyi terjedelmű bevezető rész nyitja meg, amely áttekinti a vizsgált technológiát, az egyes eszközök működési elvét, bevezeti a terület kulcsfogalmait, és mindezzel háttérrel ad annak megértéséhez, hogyan merültek fel az értekezés alapját képező kutatások kérdései. Kellemes színfoltja az értekezésnek az orvostechológia-történeti bevezető, amelyben a jelölt tömör, olvasmányos formában ismerteti a digitális lenyomatvétel és CAD/CAM eljárások születését, fejlődését.

A Bevezetést a célkitűzések ismertetése követi, a vizsgálatok rövid, absztraktszerű ismertetésével. Ez utóbbiak esetén némileg szokatlan, hogy azonnal közli az eredményeket és az azokból levont fő következtetéseket is ismerteti, bár kétségtelen, hogy így a későbbi, részletesebb kifejtés már egyszerűbben áttekinthető. Ebben a részben határozza meg a jelölt a kutatások bemutatási sorrendjét, amelyet aztán a dolgozat a további fő fejezetekben (Anyag és módszer, Eredmények és Megbeszélés) is követ.

A vizsgálatok tervezése, az alkalmazott módszerek és az elemzés szempontjai és a dokumentáltság kétséget kizáróan megfelelnek a korszerű tudományosság követelményeinek, és ezek alkalmazásával az értekezés alapját adó kutatások szervesen illeszkednek a tárgyalt kérdésekről folyó nemzetközi tudományos diskurzusba.

Az első vizsgálatban polimetil-metakrilát referenciamodellhez hasonlítottak intraorális szkennelést készített virtuális modellt és egy olyan virtuális modellt, amelyet a hagyományos lenyomat kiöntésével nyert mintáról, extraorális szkennelést készítették. 3 különböző intraorális scannert (direkt digitális leképezés) és egy extraorális (labor-) scannert (indirekt digitális leképezés) alkalmaztak. Az összehasonlításokat digitálisan, az stl file-ok összevetésével végezték, előre meghatározott, standard referenciapontok alkalmazásával. Ezek a pontok a fogív eltérő távolságra lévő pontjain helyezkedtek el. **A vizsgálat konklúziója, hogy függetlenül attól, hogy direkt vagy indirekt digitális leképezést alkalmaztak, minél rövidebb a scannelt távolság a fogíven belül, annál pontosabb a leképezés. Megállapítást nyer továbbá, hogy a direkt leképezés szignifikánsan nagyobb pontosságot ad, mint az indirekt eljárás.**

A második vizsgálat az első vizsgálat logikus folytatása: minthogy az első vizsgálatban az extraorális scanner pontatlanabbnak bizonyult, a jelölt itt azt tűzte ki célul, hogy feltárja, az indirekt CAD/CAM digitalizációs út melyik lépése során áll be az a változás, ami ehhez a nagyobb pontatlansághoz vezet. **Ebben a vizsgálatban megállapítást nyer, hogy a laboratóriumi szkennerek által létrehozott virtuális modell pontosságát a hagyományos**

lenyomatvételhez és mintakészítéshez tartozó lépések torzító hatása is befolyásolta. Feltehető tehát, hogy az adott laborscanner esetén a hagyományos fogtechnikai lépések hatására növekedett a pontatlanság, azaz, hogy a hiba mintegy a fizikai modell részeként jelent meg. A jelölt maga is kiemeli, hogy ezek az eredmények nem általánosíthatók, hiszen a piacon számos különféle laborscanner elérhető. **Ezért a vizsgálat eredményét gyenge formában lehet elfogadni, tehát amennyiben azt állítjuk, hogy az eredmények alapján a hagyományos fogtechnikai lépések egyes laborscannerek esetén hozzájárulhatnak az indirekt digitális lenyomatvétel pontatlanságához.** Lényeges további megállapítás, hogy technikailag lehetséges a laboratóriumi digitalizáció helyettesítése intraorális digitális lenyomatokkal, azonban, ahogyan azt a jelölt is megjegyzi, ezzel kapcsolatban további vizsgálatok szükségesek.

A harmadik vizsgálatban a jelölt és munkatársai a digitális lenyomatvétel tanulási görbáját kívánták meghatározni. Ehhez a szkenneléshez szükséges időt, és a lenyomatvételhez szükséges képszámot vették figyelembe. A vizsgálatban 10 fogorvostan-hallgató vett részt, akik előzetes oktatásban is részesültek. A vizsgálat megállapítása, hogy gyakorlással a scannelési idő csökken, ami annak köszönhető, hogy a tanuló gyorsabban, magabiztosabban mozgatja a scannert, ami ugyanakkor a képszám csökkenésével jár. Ezzel összefüggő, és talán a leginkább lényeges megállapítás, hogy a sebesség növelésének határa van, ez pedig az a minimális képszám, ami még nem rontja le a leképezés minőségét. **A kutatás fő következtetése tehát az, hogy a tanulás a scannelés sebességét növeli, így az ehhez szükséges idő rövidül, azonban ez az idő nem rövidíthető korlátlanul, mert az már a leképezés minőségének a rovására megy.** A jelölt megjegyzi azt is, hogy a túl nagy számú kép sem kívánatos, mert az ugyanúgy minőségromláshoz vezet.

A negyedik vizsgálat célja 12, a kereskedelmi forgalomban elérhető intraoralis scanner-rendszer összehasonlítása volt, egységes szempontrendszer alapján. Ebben a vizsgálatban *in vitro* és *in vivo* méréseket is végeztek. **A vizsgálat legfontosabb eredménye annak demonstrálása, hogy a jelölt és munkatársai által kidolgozott, összesen 30 pontos standard szempontrendszer valóban alkalmas intraoralis scanner-rendszerek komplex összehasonlítására, ezzel lehetőséget adva az ezen rendszerek közötti klinikai szempontú tájékozódásra. Ez a szempontrendszer a későbbiekben lehetőséget ad az ebben a kutatásban még nem lefedett rendszerek értékelésére is.** Hasznos eredmény természetesen a jelenleg elérhető jelentősebb scannerek rangsorolása (és indikációs körük kijelölése) is, azonban a technológia folyamatos és gyors evolúciójára tekintettel a felállított rangsor inkább pillanatképként értelmezhető, amire a jelölt igen korrekt módon utal is.

3. Összegzés

Az értekezés formai kivitele és nyelvhasználata összességében igényes. A diszkusszió és a következtetések is tárgyyszerűek, visszafogottak. A feldolgozott téma időszerű, a klinikai fogorvostudományi kutatások irodalmában jelenleg az egyik legnagyobb érdeklődéssel övezett téma. A bemutatott kutatások mevalósítása a korszerű tudományosság elvárásainak megfelel. Mindent összevetve a mű kivitelében, nyelvezetében és tartalmában is megfelel az MTA doktori értekezésekkel szemben támasztott és támasztható írott és íratlan elvárásoknak.

Az értekezés lényegében minden tézisét elfogadom, azonban mivel azok több esetben ugyanazon jelenség különféle aspektusait írják le, ezen a helyen csak a következőket emelem ki:

1. Mind az indirekt és a direkt digitális lenyomatvétel pontosságát befolyásolja a leképezendő fogív hossza. Az arányosság fordított.
2. A direkt digitalizáció nagyobb pontosságra vezet, mint a hagyományos lenyomat alapján készült modell digitalizálása.
3. Az indirekt digitalizációval létrehozott virtuális modell pontosságát a hagyományos lenyomatvételhez, a szekciós minta készítéséhez és a fogtechnikai szkenneléssel végzett digitalizációhoz tartozó torzító hatások is befolyásolják.
4. Technikailag lehetséges a laboratóriumi digitalizáció helyettesítése intraorális digitális lenyomatokkal.
5. Az intraorális digitális lenyomatvétel tanulási görbéjét a scannelési idő és a képszám segítségével jellemezve az mutatható ki, hogy a gyakorlás a scannelési idő lerövidülésére és ebből eredően a képszám csökkenésére vezet, azonban, mivel a képszám kritikus érték alá csökkenése már minőségromláshoz vezet, ez az idő csak korlátozott mértékben csökkenthető. A megfelelő minőségű leképezés érdekében sem a túl alacsony, sem a túl magas képszám nem kívánatos.
6. A jelölt és munkatársai által kidolgozott, összesen 30 pontos standard, komplex szempontrendszer valóban alkalmas intraoralis scanner-rendszerek összehasonlítására, ezzel lehetőséget adva az ezen rendszerek közötti klinikai szempontú tájékozódásra. A szempontrendszer egyben kijelöli az egyes IOS rendszerek indikációs körét is.
7. Külön kiemelő a jelölt kutatási eredményeinek a felsőoktatásban való további használhatósága, mely csak egy, a felsőoktatásban folyamatosan, több évtizeden keresztül szerzett oktatási tapasztalattal érhető el, mellyel jelölt messzemenőig rendelkezik.

Dr. Hermann Péter doktori értekezését a fentiek alapján nyilvános vitára alkalmasnak tartom, eredményes nyilvános vitát követően az MTA doktora fokozat odaítélését Dr. Hermann Péter részére támogatom. A nyilvános vita alkalmával a jelölt által megválaszolandó kérdéseimet alább ismertetem.

3. Kérdések

1. A direkt és indirekt scannelést összehasonlító tanulmányban merült-e fel olyan extrém pontatlanság, amelyek klinikai következményei lehetnének? Ismer-e a jelölt olyan technikákat vagy eljárásokat, amelyekkel kézi (intraoralis) scannelés esetén a távolság pontosságot rontó hatása ellensúlyozható?
2. Az intraoralis scannelés tanulási görbéjét illető vizsgálat következtetése végső soron az, hogy sem túl kevés, sem túl sok kép nem kívánatos, azaz, hogy a legjobb, ha az operátor sem túl kevés, sem túl sok időt nem tölt a scanneléssel, mert mindkét esetben romlik a

leképezés minősége. A jelölt véleménye szerint nagyjából meghatározható-e egy olyan, rendszerfüggetlen időablak, amelyen belül a már gyakorlott felhasználó nagy bizonyossággal megfelelő minőségű és pontosságú lenyomatot tud venni? Az intraoralis scannelés oktatása során a scanner mozgásának megfelelő sebessége tanítható-e valamilyen módon?

3. Az IOS rendszereket összehasonlító tanulmány kapcsán gyakran szó esik a scannelés folytonosságának megszakadásáról, ami ezeknek a rendszereknek valóban a mai napig az egyik legfontosabb gyengéje. Bizonyos indikációkban ezt a problémát megoldhatja az extraoralis sztereofotogrammetrikus (vagy SPG) kamerák alkalmazása, azonban ez a technológia egyfelől nem alkalmazható minden indikációban, másfelől fejlesztése jóval korábbi szakaszában jár, mint az intraoralis scannerek, nem elterjedt és igen költséges is. Ebből következően olyan megoldásokat célszerű találni, ami a jelenleg elérhető IOS rendszerek képrögzítés-folytonossági problémáit csökkentik. A jelölt véleménye szerint klinikai körülmények között hogyan csökkenthető leghatékonyabban a kézi scannereknek ez a deficitje?

Szeged, 2024. január 8.



Prof. Dr. Nagy Katalin
egyetemi tanár
az MTA doktora