

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT INTITULATĂ ” Metode de simulare a biodinamicii punților dentare cu ajutorul calculatorului”

CUPRINS

INTRODUCERE

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

CAPITOLUL 1. Condiții mecano-funcționale ale restaurărilor protetice fixe

- 1.1. Alegerea și caracteristicile retentorilor și ale dinților-stâlpi ai RPF
- 1.2. Rezistența și alegerea profilului corpului de punte
- 1.3. Condiții estetice ale punților dentare

CAPITOLUL 2. Considerații privind echilibrul funcțional al punților dentare

- 2.1. Eșecul și succesul punților dentare fixate. Metode și tehnici de remediere
- 2.2. Principiile biomecanicii aplicate în cazul restaurărilor protetice fixe

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

1. Ipoteza de lucru-obiective
2. Metodologie generală de lucru
3. Studiul 1: Meta-analiză asupra frecvenței eșecurilor în tratamentul prin punți dentare
 - 3.1. Introducere
 - 3.2. Ipoteza de lucru: Iatrogenii în tratamentul edentațiilor parțiale prin punți dentare
 - 3.3. Material și metodă

3.4. Rezultate

3.5. Discuții

3.6. Concluzii

4. Studiul 2: FACTORI IMPLICAȚI ÎN EȘECURILE PROTEZELOR PARȚIALE FIXE

4.1. Introducere

4.2. Ipoteza de lucru

4.3. Material și metodă

4.4. Rezultate

4.5. Discuții

4.6. Concluzii ale studiului clinic

5. Studiul 3: Identificarea și analizarea parametrilor de intrare și a datelor de ieșire pentru un software de simulare 3-D a biodinamicii punților dentare

5.1. Introducere

5.2. Ipoteza de lucru

5.3. Material și metodă

5.4. Rezultate

5.5. Discuții

5.6. Concluzii

6. Discuții generale

7. Concluzii generale

8. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

REFERINȚE

Cuvinte-cheie: *prognostic, restaurări protetice fixe, eșec, igienă orală, calculator*

INTRODUCERE

O restaurare protetică fixă(RPF) poate deveni o „parte” din ADM, fiind asimilată și tolerată de organism sau dimpotrivă, ea poate provoca pacientului disconfort și poate avea chiar efecte iatrogene. Calitatea și mai ales longevitatea restaurării depinde de elaborarea planului de tratament, de respectarea acestui plan atât de către medic, cât și de către tehnicianul dentar, pe de-o parte, iar pe de altă parte, de terenul și de reactivitatea pacientului.

După cum arată meta-analiza efectuată de Palotie și Vehkalahti⁸, de multe ori atunci când sunt întrebați despre un prognostic, medicii dentiști estimează o durată a restaurărilor protetice mult mai mare decât o confirmă studiile din literatura de specialitate.

Rezistența dinților de suport și a elementelor de agregare (retentorilor) și alegerea lor sunt foarte importante. Comparativ cu restaurările protetice fixe unitare, retentorii ca mijloace de agregare în RPF, sunt supuși unor solicitări suplimentare, cărora trebuie să le facă față în primul rând printr-o retentivitate și rezistență adecvate¹⁶⁻¹⁹. Criteriile de alegere a celor mai indicate tipuri de retentori în construcția punților dentare sunt în funcție de caracteristicile morfofuncționale, mecanice, biologice și chiar fizico-chimice ale acestora^{2,4,20-22}.

1. Ipoteza de lucru-obiective

În prezent nu sunt definite criterii obiective clare pentru estimarea prognosticului RPF și nici a comportamentului lor în timp. Am pornit de la premisa că prin simularea modificărilor ce apar în timp la nivelul câmpului protetic se poate obține o reprezentare a aspectului RPF și a țesuturilor orale învecinate ei, precum și a unităților dento-parodontale de suport.

Obiectivul principal a fost găsirea unor metode de simulare cu ajutorul calculatorului a biodinamicii RPF prin estimarea prognosticului fiecărui tip de restaurare posibilă pentru orice caz de edentație ce poate fi restaurată prin punți dentare. De aceea am dorit identificarea posibilelor cauze de eșec ale RPF. Conform literaturii de specialitate am definit ca eșec sau ca fiabilitate redusă a RPF, necesitatea schimbării unei proteze parțiale fixe mai devreme de 8 ani de la realizarea acesteia. Pe baza cauzelor de eșec identificate am dorit să definesc parametrii de intrare și datele de ieșire pentru un algoritm care să simuleze

comportamentul în timp al fiecărui tip de RPF ce ar putea fi realizată. Astfel am dorit să contrez caracteristicile unui software care ar putea asista medicul dentist în alegerea planului de tratament protetic optim, minim invaziv. Un astfel de software ar permite totodată îmbunătățirea comunicării cu pacientul, căruia i-ar putea fi astfel prezentate grafic, tridimensional tipurile de restaurări posibile. Medicul ar putea susține cu argumente bazate pe probabilitatea unui prognostic bun, alegerea RPF ce va fi realizată pentru acel caz clinic. De aceea printre obiectivele principale am inclus și schițarea datelor de ieșire, inclusiv a formatului de afișare al prognosticului fiecărui tip de RPF, în vederea ameliorării comunicării medic-pacient, astfel încât informațiile esențiale să poată fi prezentate pacientului, indiferent de nivelul său de instruire.

2. Metodologie generală de lucru

Am studiat literatura de specialitate în vederea identificării posibilelor cauze de eșec printr-o meta-analiză. Am ales această metodă datorită complexității eșecurilor RPF, precum și datorită inter-dependenței factorilor determinanți și favorizanți ai fiabilității reduse a punților dentare.

Cel de al doilea studiu a fost conceput pentru a verifica pe cazurile clinice personale, precum și pe cele a altor 4 medici stomatologi, frecvența cauzelor de eșec identificate anterior. În acest studiu am utilizat dispozitivul de măsurare a mobilității dentare Periotest C® (Medizintechnik Gulden) care furnizează scoruri cuprinse între -8 și +50 în funcție de mobilitatea dintelui testat prin aplicarea pe suprafața vestibulară a capului de percuție. Cu cât este mai mare stabilitatea/rezistența dintelui testat, cu atât este mai mic scorul afișat de aparat. Am conceput și am pre-validat un chestionar care să fie completat de către pacient și unul care să fie completat de către medic privind cauzele de eșec al RPF ce urma să fie înlocuită. Am introdus datele obținute într-o bază de date Microsoft Office Excel 2007 și le-am prelucrat cu software-ul de analiză statistică SPSS (versiunea 13.0).

În cel de al treilea studiu, am definit parametrii de intrare și datele de ieșire pentru un algoritm de generare informatizată a variantelor de tratament protetic și de simulare a comportamentului în timp al RPF. Pentru definirea caracteristicilor unui software de simulare a biodinamicii punților dentare, am studiat examinări radiologice retroalveolare și tip bite-wing, clasice și preluate cu senzor digital, ortopantomografii (OPT) și examinări tridimensionale tip Cone Beam Computer Tomograf (CBCT).

3. Studiul 1: Meta-analiză asupra frecvenței eșecurilor în tratamentul prin punți dentare

Informațiile din literatura de specialitate privind estimarea longevității diferitelor tipuri de punți dentare sunt adeseori divergente și extrem de dificil de comparat între diverse studii. Am găsit o singură meta-analiza de acest tip¹⁹ care reunește observațiile făcute asupra

4118 punți dentare convenționale (fără extensii) fixe, ce estimează o supraviețuire de $74 \pm 2.1\%$ la 15 ani.

Am realizat studiul de meta-analiză pe baza unei căutari extensive pe Medline și în literatura de specialitate. Am analizat articole științifice și cărți de specialitate publicate în ultimii 30 de ani, care conțin date clinice referitoare la succesul, cauzele de eșec și complicațiile lucrărilor protetice fixe. Incidența eșecurilor a fost determinată prin evaluarea datelor din 22 studii clinice^{22,44-64}.

Tabel 1. Cele mai frecvente cauze de eșec ale tratamentului protetic prin punți dentare

Cauza	Nr de dinți stâlpi studiați/ nr de dinți stâlpi afectați	Incidența medie
Carii	3360/602 dinți-stâlpi 1354/113 RPF	18% dintre dinții stâlpi 8% dintre RPF
Complicații pulpare	2514 / 276 dinți-stâlpi 1358/ 88 RPF	11% dintre dinții-stâlpi 7% dintre RPF
Descimentare	1906/ 137 RPF	7% dintre RPF
Modificarea aspectului estetic	1024 / 58 RPF	6% dintre RPF
Compromiterea suportului parodontal al dinților-stâlpi	1440 / 62 RPF	4% dintre RPF
Fractura dinților-stâlpi	1602 / 44 RPF	3% dintre RPF
Fractura corpului de punte	1192 / 24 RPF	2% dintre RPF
Fractura stratului de porțelan al lucrărilor metalo-ceramice	768 /17 RPF	2% dintre RPF

Meta-analiza asupra cauzelor de eșec al RPF poate avea ca principală sursă de eroare faptul că tipurile de RPF incluse diferă adesea de la un studiu la altul. Diferă de asemenea criteriile de evaluare a eșecului, iar evaluarea eșecurilor remediabile (de exemplu descimentarea unei RPF fără deteriorarea acestuia și fără distrucția dinților de suport, cariile dentare, afecțiunile pulpare tratabile fără a fi necesară înlocuirea RPF etc) se bazează aproape exclusiv pe date anamnestice subiective și anume pe relatările pacientului.

Alte surse posibile de eroare în realizarea unei astfel de meta-analize sunt reprezentate de faptul că RPF incluse în studiile asupra cauzelor de eșec ale punților dentare sunt realizate de medici diferiți, cu tehnici și standarde diferite în ceea ce privește adaptarea inițială a RPF. Astfel e foarte probabil să existe variații în ceea ce privește tehnica de șlefuire a dinților de suport, tehnica de amprentare, dar și tipurile de materiale de amprentă folosite, tehnica de înregistrare a ocluziei și echilibrarea ocluzală intermediară și după cimentare. Diferențe pot exista și în privința materialelor utilizate pentru confecționarea RPF, dar și legate de finisarea după cimentare la nivelul joncțiunii dento-protetice. Alte variabile importante sunt tehnica de igienizare orală individuală a pacientului, dar și frecvența și corectitudinea igienizărilor profesionale periodice.

Anumite cauze de eșec pot fi evitate, de exemplu uzura fețelor ocluzale ale dinților naturali sau ale dinților acoperiți cu coroane metalice de înveliș antagoniști RPF metalo-ceramice sau integral ceramice. RPF trebuie să fie extrem de bine adaptate ocluzal, nu doar în

ocluzia statică, ci și în cea dinamică sau, în cazurile severe de bruxism, RPF metalo-ceramice sau integral ceramice trebuie să aibă suprafața ocluzală metalică, eventual efectuată dintr-un aliaj moale, cum sunt aliajele nobile sau seminobile.

Factorii etiopatogenetici ai fiabilității reduse a restaurărilor protetice fixe sunt inter-conectați, având influențe reciproce.

4. Studiul 2: Factori implicați în eșecurile protezelor parțiale fixe

Prognosticul și succesul restaurărilor protetice fixe sprijinite pe dinți naturali, este apreciat în literatura de specialitate mai ales prin auto-evaluarea calității vieții purtătorilor de RPF.

Principalul obiectiv al acestui studiu a fost investigarea cauzelor de eșec al RPF în momentul ablației acestora, în perioada 2009-2010 și investigarea factorilor implicați în eșecul acestora, în special a relației dintre igiena orală (informațiile primite la finalul tratamentului protetic privind procedurile de igienizare zilnică individuală pe care trebuie să le urmeze pacientul, abilitățile curente privind procedurile de igienă orală individuală și obiceiurile zilnice de igienizare individuală), numărul dinților absenți, funcționalitatea ocluzală, statusul socio-economic și cauzele de eșec al RPF.

În studiu au fost incluși cei 145 de pacienți care au solicitat tratament stomatologic în perioada 2006-2012 datorită necesității de a îndepărta o RPF sprijinită pe dinți naturali. Am inclus 45 pacienți la care trebuia efectuată ablația unor restaurări care au fost efectuate mai recent de 8 ani (grupul A) și 100 de pacienți cu RPF efectuate în urmă cu 8 până la 25 de ani, care de asemenea trebuiau înlocuite (grupul B).

Am identificat următoarele nouă posibile cauze de eșec:

1. carii dentare și radiculare care nu pot fi tratate fără ablația RPF
2. tratament endodontic absolut necesar și care nu poate fi efectuat corect fără ablația RPF
3. descimentarea RPF mai mult de o dată
4. deficiențe estetice datorate retracțiilor gingivale, gingivitei cronice, pigmentării gingivale (lizereu cenușiu) etc
5. eșec de cauză parodontală (mobilitate, pierderea suportului osos etc)
6. fractura dinților-stâlpi
7. fractura corpului de punte (inclusiv fractura la nivelul joncțiunii corpului de punte cu retentorii)
8. fractura materialului de placare fizionomic (stratul ceramic, de compozit sau de acrilat)
9. abrazia dinților-antagoniști RPF

Principalele cauze de eșec mai devreme de 8 ani, identificate în studiul de față au fost pungile parodontale de peste 6 mm asociate cu mobilitate cel puțin gradul I/II și cu

carii radiculare la dinții-stâlpi în cazul a 12 subiecți (27.5%), deficiențe estetice ireparabile la 11 pacienți (24%), cariile dentare la 8 pacienți (18%).

Cauzele principale de eșec au fost asociate cel mai adesea cu deficiențe în conceperea și execuția planului protetic fix în cazul a 7 pacienți (15.55%) și cu fenomene disfuncționale ocluzale asociate cu RPF în cazul a 8 pacienți (17.78%).

Cauzele care au impus schimbarea RPF cu vechime de 8 până la 25 de ani au fost similare cu cele întâlnite la pacienții din grupul A.

La grupul A, valorile ICDAS înregistrate au arătat un D₃MF-S mediu de 36.7 (D₃=5.48, M=12.52, F=18.70).

33 de subiecți din grupul A (73.33%) și respectiv 84 de subiecți din grupul B (84%) au afirmat că nu au primit informații la finalul tratamentului protetic în privința utilizării mijloacelor auxiliare de igienizare orală individuală (MAIOI) pentru întreținerea RPF. Doar 11 pacienți (24.44%) au utilizat zilnic cel puțin un mijloc auxiliar de igienă orală, ceea ce explică distribuția indicelui de placă (trei sferturi dintre pacienți au o igienă orală nesatisfăcătoare).

Modelul de analiză statistică utilizat a fost regresia logistică multivariată multilevel. S-a evidențiat o influență statistic semnificativă a factorilor favorizanți mai sus-menționați pentru cauzele de eșec legate de carii dentare și radiculare (având rol predictor pentru localizarea cariilor pe suprafețele proximale ale dinților și pentru profunzimea lor) precum și pentru adâncimea pungilor parodontale la nivelul dinților-stâlpi ($p < 0.05$).

La nivel intuitiv se așteaptă ca o igienă orală deficitară și absența igienizării interdentare să fie asociată cu eșecurile RPF datorate cariilor. Deficiențele de concepție a planului protetic fix și fenomenele parafuncționale asociate, se așteaptă să fie asociate parodontopatiilor sau complicațiilor acestora, dar consider că această asociere necesită investigații suplimentare, în special în ceea ce privește influența acestor factori asupra longevității RPF, mai ales în cazurile clinice cu o ocluzie funcțională.

Pentru identificarea unei relații cauzale, ar fi ideal să se efectueze un studiu prospectiv, pe un număr mai mare de pacienți.

Printre posibii factori de confuzie care consider că sunt extrem de dificil de evaluat și care pot fi o sursă majoră de eroare se găsesc următorii doi:

-imposibilitatea de a evalua în momentul ablației dacă au existat inițial carii dentare la nivelul dinților-stâlpi și mai ales dacă acestea au fost corect tratate înainte de realizarea tratamentului protetic.

-efectul preparării dinților-stâlpi asupra vitalității țesuturilor pulpare, însă consider că datorită timpului extrem de lung scurs între tratamentul inițial și momentul eșecului există o sursă apreciabilă de eroare în colectarea acestei informații.

Corelații mai strânse între igiena orală și cauzele de eșec asociate (deficiențe de concepție și execuție asociate cu fenomene parafuncționale și punge parodontale de 4-6 mm asociate cu carii radiculare la dinții-stâlpi) decât cele dintre igiena orală și cauzele de eșec singulare sugerează faptul că o igienă orală deficitară poate determina necesitatea înlocuirii premature a RPF.

Echilibrarea ocluzală este o etapă indispensabilă pentru reușita tratamentului protetic, care, alături de motivarea pacienților pentru o igienă orală consecventă și pentru a

se prezenta la controale stomatologice periodice în vederea igienizărilor profesionale, ar putea crește semnificativ longevitatea RPF.

În urma studiului clinic pe care l-am realizat, am constatat că factorii favorizanți ai eșecurilor RPF sunt:

-igiena orală deficitară

-lipsa consecvenței pacientului în a se prezenta la controale stomatologice periodice și igienizări profesionale

-trauma ocluzală

Studiul 3: Identificarea și analizarea parametrilor de intrare și a datelor de ieșire pentru un software de simulare 3-D a biodinamicii punților dentare

Pentru conceperea designului RPF factorii etiopatogenetici ai eșecului tratamentului protetic trebuie analizați în ansamblu și nu separat, cu scopul de a stabili care dintre ei au valoare principală și care dintre ei au o valoare secundară. Aceasta s-ar putea realiza prin studii epidemiologice riguroase privind cauzele de eșec, pe grupuri mai mari de pacienți (minim 5 pacienți pentru fiecare clasă de valori posibilă a fiecărui parametru), deci minim $42 \times 5 = 210$ pacienți. Fiecare parametru va avea astfel o pondere predefinită, dar utilizatorul poate modifica aceste ponderi între anumite intervale (reprezentate de valoarea medie obținută din studiul epidemiologic mai sus-menționat plus/minus deviația standard). Rezultatele studiului clinic pe care l-am efectuat permit propunerea unor valori ponderate pentru prognosticul RPF.

Am studiat pe examinări tip CBCT 25 de câmpuri protetice din edentații clasa a III-a Kennedy la pacienți fără afecțiuni generale, cu vârste cuprinse între 25 și 70 de ani.

Cu ajutorul software-urilor de prelucrare a imaginilor CBCT am măsurat densitatea osoasă. Unele soft-uri sunt chiar capabile să recunoască diferite radioopacități, deci să identifice țesuturile, ceea ce crează premisele pentru măsurători de acuratețe, de exemplu măsurarea volumului de os disponibil din jurul rădăcinii dentare, care poate fi împărțit la volumul exterior total al rădăcinii, oferind astfel o estimare importantă a suportului osos.

Software-urile care permit o calitate foarte bună a randării modelului 3D, cum este și eVida®Viewer permit evidențierea cu mare acuratețe a structurilor dure dentare și implicit a volumului camerei pulpare, informații ce ar putea fi folosite pentru simularea axului de inserție al RPF.

Unele modele 3D pot fi folosite pentru a explica pacientului necesitatea tratamentului endodontic în scop protetic (imposibilitatea realizării unui ax de inserție fără a îndepărta prin șlefuire o cantitate mare de țesuturi dure dentare).

Software-urile de analizare a imaginilor CBCT necesită calculatoare cu procesorul pe 64 de biți, minim 2 GB memorie RAM și o capacitate a hard-diskului de minim 250 GB

deoarece acestea au o viteză mai mare de procesare a datelor și implicit pot efectua mai rapid o randare de bună calitate a modelelor tridimensionale ale ADM.

Există dispozitive care permit culegerea datelor direct în format electronic în cursul examinării clinice. Pentru 5 pacienți am înregistrat parodontograma, indicele de placă (PI) și cel de sângerare (GI) cu ajutorul dispozitivului Florida Probe® (Florida Probe Corporation), disponibil în cadrul Disciplinei de Prevenție în Medicina Dentară. Pe baza datelor culese cu sonda parodontală electronică și a chestionarului elaborat de Lang și Tonetti, software-ul Florida Probe elaborează o reprezentare grafică dinamică a riscului parodontal, pe care am arătat pacienților cum se obține minimizarea riscurilor prin ameliorarea igienei orale și renunțarea la fumat.

Pe baza formulelor matematice existente în literatura de specialitate privind comportamentul intra-oral al unei RPF, celor 15 parametri introduși inițial le pot fi atribuite de către software valorile probabile pe care le vor avea după diverse intervale de timp de la aplicarea RPF. Astfel la un software de tipul InVivo5®, s-ar putea adăuga opțiuni de evaluare a volumului osos disponibil în jurul rădăcinii dentare pe o grosime de 1 mm față de oricare punct al suprafeței exterioare a rădăcinii și respectiv valoarea probabilă a acestui volum în condițiile în care dintele respectiv ar fi folosit ca dinte-stâlp pentru un anumit tip de RPF.

Factorii principali în estimarea și redarea prognosticului RPF sunt:

- PI=indice de placă (procentul de suprafețe dentare acoperite cu placă bacteriană din totalul suprafețelor examinate)
- GI=indice de sângerare gingivală (procentul de zone în care a apărut sângerarea gingivală la sondare cu sonda parodontală, din totalul punctelor examinate)
- Pg=prognostic (valoare inițială=1)
- rii=recomandări igienizare individuală (valoare inițială=1=doar periaj dentar de 2 ori pe zi; 2=1+ata dentara seara; 3=2+apa de gura de 2 ori pe zi etc)
- rcp=recomandări controale periodice (valoare inițială=1= o dată la 6 luni)
- rip=recomandări igienizare profesională (valoare inițială=1= o dată la 6 luni)

Metoda de simulare a biodinamicii punților dentare se bazează pe faptul că pentru fiecare caz de edentație, RPF este aleasă după coeficienții din literatura de specialitate. La un software de reconstrucție 3D a imaginilor CBCT, se poate adăuga un modul care să funcționeze după algoritmul pe care l-am conceput, care să reprezinte grafic RPF aleasă. Pe acest model, în funcție de parametrii măsurați la momentul aplicării RPF (PI, GI, densitate osoasă, raport coroană/rădăcină, înălțimea osului alveolar în jurul dinților de suport) se reprezintă variațiile în timp ale osului (scădere procentuală în înălțime, scăderea densității osoase), posibilitatea de apariție a cariilor, apariția și creșterea fațetelor de abraziune pe RPF și pe dinții antagoniști, apariția și propagarea unei fisuri în RPF etc

Pentru fiecare caz clinic vor fi generate toate combinațiile posibile de retentori și design al corpului de punte. Pentru fiecare tip de RPF, software-ul va genera probabilitatea de eșec (în procente de la 0 la 100) la intervale de timp din 6 în 6 luni până la 8 ani de la aplicarea în cavitatea orală. Această probabilitate va fi calculată în baza studiilor statistice

mai sus-menționate. Rezultatele vor fi ordonate în ordine crescătoare a probabilității de eșec și vor fi reprezentate grafic sub forma unor curbe colorate diferite, pe o axă fiind reprezentat timpul, iar pe cealaltă probabilitatea de eșec în procente.

6. Discuții generale

Printre factorii de confuzie care intervin în evaluarea longevității restaurărilor protetice fixe (RPF) se numără: igiena orală individuală, design-ul RPF, calitatea restaurărilor inițiale, ocluzia statică și dinamică, parafuncțiile, efectuarea controalelor stomatologice și a igienizărilor profesionale periodice, afecțiunile generale asociate care pot influența starea țesuturilor parodontale la nivelul dinților-stâlpi și/sau fluxul salivar și caracteristicile sistemului salivar cu efecte asupra riscului carios etc.

Modelele 3-D ale aparatului dento-maxilar sunt extrem de dificil de realizat și de gestionat, dar sunt singurele capabile să profite de progresele tehnologice din prezent în ceea ce privește capacitatea de prelucrare a unui volum mare de date. Dat fiind faptul că în ortodonție s-au realizat și sunt disponibile astfel de modele tridimensionale, inclusiv pentru simularea diverselor variante terapeutice, consider realizabil un astfel de model și în domeniul protecticii dentare, pentru simularea biodinamicii diverselor tipuri de RPF.

7. Concluzii generale

Educarea pacienților pentru o alimentație sănătoasă și o igienă orală optimă este esențială pentru prelungirea duratei de viață a RPF. De exemplu un pacient care știe că are 70% șanse de a avea o RPF agregată cu coroane parțiale, care să rămână funcțională și după 10 ani în cazul unui comportament cario-profilactic, va fi mult mai motivat înspre a implementa un astfel de comportament sanogen pe termen lung (self-care). În plus pacientul poate fi educat înspre “self-diagnosis” (auto-diagnostic), așa încât să recunoască primele semne ale cariei dentare sau ale altor afecțiuni.

Vizualizarea de către pacient a unei simulări 3D a posibilelor cauze de eșec ale punții dentare ce i-a fost realizată, l-ar putea motiva suplimentar pentru a se prezenta pentru controale stomatologice periodice și pentru igienizări profesionale. Astfel s-ar putea opta mai frecvent pentru preparatii conservative, cu respectarea principiului biologic și conservarea la maximum a țesuturilor dure dentare. În acest context coroanele parțiale ar putea fi utilizate ca retentori ai RPF mult mai frecvent.

8. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

În prezent nu se folosește în mod curent un algoritm pentru alegerea dinților de suport ai RPF. Progresele tehnologice de la ora actuală permit evaluarea cu mare acuratețe a

caracteristicilor câmpului protetic și deci prelucrarea lor cu ajutorul unui algoritm de tipul celui pe care l-am propus.

Bibliografie selectiva

- Bratu D, Nussbaum R – Bazele clinice și tehnice ale protezării fixe, Ed. Signata, 2001:69-108, 503-601, 1153-1246
- Popa S – Punți dentare, vol I, Ed. Medicală, Cluj-Napoca, 2001:29-180
- Popa S – Punți dentare, vol II, Ed. Medicală, Cluj-Napoca, 2001:17-177
- Rosenstiel S, Land M, Fujimoto J – Contemporary Fixed Prosthodontics, 2001 Mosby Inc: 25-82
- Palotie U; Vehkalahti M - Finnish dentists' perceptions of the longevity of direct dental restorations, Acta Odontol Scand 2009 (1): 44 – 49
- Koori H, Morimoto K, Tsukiyama Y, Koyano K.- Statistical analysis of the diachronic loss of interproximal contact between fixed implant prostheses and adjacent teeth -Int J Prosthodont. 2010 Nov-Dec;23(6):535-40.
- Grigoriadis A, Johansson RS, Trulsson M. - Adaptability of mastication in people with implant-supported bridges. J Clin Periodontol. 2011 Apr;38(4):395-404.
- Badea ME, Avram R – Actualități în profilaxia cariei dentare-2007, Ed. Medicală Universitară “Iuliu Hațieganu”, 89-96

ABSTRACT OF THE PhD THESIS "Methods for computer simulations of the dental bridges biodynamics"

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION

CURRENT STATE OF KNOWLEDGE

CHAPTER 1. Mechanic-functional Conditions of Fixed Prosthetic Restorations

1.1. Selection and Characteristics of the Retainers and of the Abutment Teeth of a FPR

1.2. Resistance and Choosing the Profile of the Pontic

1.3. Esthetic Conditions of Dental Bridges

CHAPTER 2. Considerations Regarding Functional Aspect of Dental Bridges

2.1. Failure and Success of Fixed Dental Bridges. Methods and Techniques of Repairing

2.2. Principles of Biomechanics Applied for Fixed Prosthetic restorations

PERSONAL CONTRIBUTION

1. Work hypothesis –objectives

2. General methodology

3. First Study: Meta-analysis of the Frequency of Failures in the Treatment with Dental Bridges

3.1. Introduction

3.2. Work Hypothesis: Iatrogenesis in the Treatment of Partial Edentations by Dental Bridges

3.3. Material and methods

3.4. Results

3.5. Discussions

3.6. Conclusions

4. Second Study: Factors Involved in Fixed Partial Dentures Failures

4.1. Introduction

4.2. Work hypothesis

4.3. Material and Methods

4.4. Results

4.5. Discussions

4.6. Conclusions of the Clinical Study

5. Third Study: Identification and Analysis of the Input Parameters and of the Output Data of a Software for 3-D Simulation of Dental Bridges Biodynamic

5.1. Introduction

5.2. Work Hypothesis

5.3. Material and Methods

5.4. Results

5.5. Discussions

5.6. Conclusions

6. General Discussions

7. General Conclusions

8. Originality and Innovative Contributions of the Thesis

REFERENCES

Key-words: *prognosis, fixed prosthetic restoration, failure, oral hygiene, computer*

INTRODUCTION

A fixed prosthetic restoration (FPR) can either become a „part” of the Dento-Maxillary System (DMS), being assimilated and tolerated by the human body or, on the contrary, or it can cause discomfort to the patient and can even have iatrogenic effects. The quality and, moreover, the longevity of a restoration depend, on one hand, on the treatment plan, on the way this plan was followed by the dentist and by the dental technician, and, on the other hand, they depend on the reactivity of the patient.

According to the meta-analysis made by Palotie and Vehkalahti⁸, when one asks the dentists about a prognosis, very often, they get an overestimation of the longevity of dental bridges, compared to literature.

The resistance of abutment teeth and of the retainers and their choice are very important. Compared to single unit fixed dental prosthesis, the retainers of a FPR are

subject to a higher stress, with which they must deal mainly through an appropriate retentivity and resistance¹⁶⁻¹⁹. The criteria for choosing the most indicated types of retainers in building dental bridges depend on their morpho-functional, mechanic, biologic and even on their physical and chemical characteristics^{2,4,20-22}.

1. Work hypothesis – objectives

Nowadays there are no clear objective criteria defined to estimate the prognosis of FPR or their behaviour in time. I assumed that, by simulating the changes that appear in time at the prosthetic ridge elements and abutments, both a representation of the FPR and the aspect of its surrounding tissues, and a representation of the support dento-periodontal units can be obtained.

The main objective was to find methods for simulating the FPR biodynamics with the aid of the computer, by estimating the prognosis of each type of restoration that could be made for any case of partial edentation which may be restored by dental bridges. That is why I tried to identify the possible causes of failure of FPR. According to the specialized literature I have defined as failure or diminished viability of FPR, the need to change a fixed partial denture sooner than 8 years after it was made. Based on the previously identified failure causes, I wanted to define the input parameters and the output data for an algorithm which should simulate the long term behaviour of each type of FPR which could be made. This way, I wanted to state the characteristics of software that could assist the dentist in choosing the optimal, minimal invasive prosthetic treatment plan. Such an application would allow, in the same time, the improvement of communication with the patient, to whom the dentist would be able to show graphical, tridimensional representations of all types of possible restorations. Thus, the dentist, could motivate their choice of a specific FPR, based on a good prognosis probability. Therefore, I included between my main objectives the description of the output data, including the presentation of each type of FPR prognosis, in order to improve the dentist-patient communication, so that the essential information could be given to the patient regardless his/her level of education.

2. General methodology

I have studied the specialized literature aiming to identify the possible failure causes by means of meta-analysis. I chose this method after considering both the complexity of failures of FPR, and the inter-dependence of the risk factors for reduced dental bridges viability.

I designed the second study in order to verify the frequency of previously identified failure causes in my own clinical cases and in those of another 4 dentists. In this study I have used the dental mobility measuring device, Periotest C®

(Medizintechnik Gulden) which outputs scores between -8 and +50, according to the mobility of the tested tooth, by applying its percussion head onto the buccal surface. The higher the stability/resistance of the tested tooth, the smaller will be the output score given by the device. I have created and pre-validated two questionnaires: one to be filled in by the patient, and the other, by the dentist. These questionnaires refer to the failure causes of the RPF which was about to be replaced. I have entered the data I gathered into a Microsoft Office Excel 2007 data-base and I have processed them with the software for statistic analysis SPSS (version 13.0).

In the third study I have defined the input parameters and the output data for and algorithm to generate the prosthetic treatment choices and the simulation of the behaviour of FPR as time passes. In order to define the characteristics of a piece of software for simulating the biodynamic of dental bridges, I have studied periapical and bite-wing X-rays, ortopantomographies (OPT) classical and taken with a digital sensor tridimensional Cone Beam Computer Tomographies (CBCT).

3. First Study: Meta-analysis of the frequency of failures in the treatment with dental bridges

The information in the literature regarding the estimation of dental bridges longevity are diverse and very difficult to compare between the studies. I have found only one such meta-analysis¹⁹ which puts together the observations made on 4118 conventional fixed dental bridges (without cantilevers), which estimate an average survival rate of 74±2.1% after 15 years.

I have done the meta-analysis study based on an extensive search on Medline and in the printed literature. I have analyzed scientific articles and books published in the last 30 years, which contain clinical data regarding the success, failure causes and complications of fixed prosthetic restorations. The incidence of failures was obtained by evaluating the data in 22 clinical studies^{22,44-64}.

Table I. The most frequent failure causes of dental bridges

Cause	No of abutment teeth studied/ no of abutment teeth affected	Average incidence
Caries	3360/602 abutments 1354/113 dental bridges	18% of the abutments 8% of the FPR
Endodontic complications	2514 / 276 abutments 1358/ 88 dental bridges	11% of the abutments 7% of the FPR
Decementing	1906/ 137 dental bridges	7% of the FPR
Esthetic failures	1024 / 58 dental bridges	6% of the FPR
Periodontal failure	1440 / 62 dental bridges	4% of the FPR
Abutment teeth fracture	1602 / 44 dental bridges	3% of the FPR
Pontic fracture	1192 / 24 dental bridges	2% of the FPR
Porcelain fracture for metalo-ceramic bridges	768 /17 dental bridges	2% of the FPR

The main source of error of the meta-analysis on FPR failure might be the fact that the type of FPR studied may differ from one study to another. The criteria for

evaluating the failures are often different, and the evaluation of the remediable ones (for example decementing of a FPR without its destruction or that of the abutment teeth; the abutments caries, endodontic complications that may be treated without replacing the FPR etc) are based almost exclusively on anamnestic subjective data, i.e. the memories of the patient.

Other possible error sources in performing such a meta-analysis are that the FPR included in the studies on dental bridges failure had been made by different dentists, with different techniques and standards regarding the initial fit of the FPR. Therefore, it is most likely to have variations in the preparation abutments, impression technique, the type of impression materials, the way of recording and equilibrating the occlusion at trials and after cementing the FPR. There might be differences between the materials used for making the FPR, but also regarding the polishing after cementation. Other important variables may be the oral hygiene habits of the patient, but also the frequency and the precision of regular check-ups and professional cleaning procedures.

Certain failure causes can be avoided, such as wearing-out of the occlusal surfaces of the natural or covered by metal crowns opposite teeth of a metallo-ceramic or all-ceramic FPR. FPR must be very well-fitted occlusally, not only in static occlusion, but also in the dynamic one. In severe cases of bruxism, metallo-ceramic or all-ceramic FPR must have the occlusal surface made out of a soft metal, such as noble or seminoble alloys.

The etiopathogenetic factors of low viability of FPR are inter-related, having mutual influences.

4. Second Study: Factors Involved into Fixed Partial Dentures Failures

The prognosis and the success of FPR cemented on natural teeth is assessed in the literature especially by the self-evaluation of the patients' quality of life.

The main objective of this study was to investigate the FPR failure causes at the time of their removal in 2009-2010 and to investigate the factors involved in their failure, mainly the relationship between the oral hygiene (the information received at the end of prosthetic treatment regarding the daily individual oral hygiene procedures the patient must perform, his/her current abilities for oral hygiene and his/her daily oral hygiene routine), the number of missing teeth, the occlusal functionality, the socio-economic status, and FPR failure causes.

I included in the study the 145 de patients who asked for dental treatment in 2006-2012 because a natural teeth-supported FPR had to be removed. I included 45 patients to whom the FPR to be removed had been made in the previous 8 years (group A) and 100 patients with FPR to be removed, made with 8 to 25 years ago (group B).

I have identified the following nine possible failure causes:

1. dental and root caries that cannot be treated without removal of the FPR
2. endodontic treatment needed that cannot be performed without the removal of the FPR
3. repeated decementing of the FPR
4. esthetic defects due to gingival recessions, chronic gingivitis, pigmentations (grey coloration of the marginal gingiva) etc
5. periodontal failure (mobility, bone loss etc)
6. fracture of the abutments
7. fracture of the pontic (including fracture of the retainer-pontic junction)
8. fracture of the physiognomic material (ceramic, de composite or acrylic layer)
9. abrasion of the opposite teeth of the FPR

The main failure causes identified in cases more recent than 8 years since it was cemented were:

- periodontal pockets deeper than 6 mm associated with at least I/II degree of mobility and root caries of abutments in 12 subjects (27.5%),
- non-repairable esthetic defects in 11 patients (24%),
- dental caries in 8 patients (18%)

The main failure causes were associated with deficiencies in designing and executing the fixed prosthodontic treatment plan in 7 patients (15.55%) and with dysfunctional occlusal phenomena associated with the FPR in 8 patients (17.78%).

The reasons which required the removal of FPR made 8 to 25 years before, were similar to those seen in group A.

For group A, the recorded ICDAS values showed an average D_3MF-S of 36.7 ($D_3=5.48$, $M=12.52$, $F=18.70$).

33 subjects of group A (73.33%) and 84 subjects of group B (84%) stated that at the end of the prosthodontic treatment they have not received any information regarding the use of auxiliary individual oral hygiene methods (AIOHM) for the maintenance of their FPR. Only 11 patients out of group A (24.44%) used at least one AIOHM daily, which explains the distribution of the plaque index (almost 75% of the patients have a bad oral hygiene).

The statistical model I used was the multivariate multilevel logistic regression analysis. A statistical significant influence of the above mentioned risk factors for failures due to dental and root caries was found, with a predictive role for caries localization on proximal surfaces and for their depth) but also for periodontal pockets depth of the abutment teeth ($p<0.05$).

It is expected that a bad oral hygiene and the lack of interdental cleaning to be associated with FPR failures due to caries. Deficiencies of fixed prosthodontic treatment planning and of the associated parafunctional phenomena are expected to be associated with periodontitis or its complications, but I consider that this association

needs further investigations, mainly regarding the influence of these risk factors on the longevity of FPR, especially in clinical cases with functional occlusion.

In order to identify a cause-effect relationship, it would be ideal for a prospective study to be made on a larger number of patients.

Among the possible confusion factors which are extremely difficult to evaluate and which could be a major source of error there are:

- the impossibility to evaluate, at the moment of FPR removal, if there had been any dental caries of the abutments and, moreover, if they had been correctly treated before the prosthetic treatment.

- the effect of teeth preparation on the vitality of pulp tissues, but I consider that due to the long time between the initial treatment and the moment of failure, there could be an important error in collecting this information.

Stronger correlations between oral hygiene and associated failure causes (deficiencies of design and execution associated with parafunctional phenomena and 4-6 mm periodontal pockets associated with root caries of the abutments) than those between oral hygiene and single failure causes suggest that a bad oral hygiene can determine the need of an early removal of the FPR.

Occlusal equilibration is an absolutely necessary step for the success of prosthetic treatment, which, alongside with motivating the patients for a constantly good oral hygiene and for asking regular dental check-ups and professional cleaning could significantly increase the longevity of FPR.

According to the data I obtained from the clinical study, I concluded that the risk factors for RPF failure are:

- bad oral hygiene
- irregular dental check-ups and professional cleaning
- occlusal trauma

5. Third Study: Identification and Analysis of the Input Parameters and of the Output Data of a Software for 3-D Simulation of Dental Bridges Biodynamic

For designing a FPR, the etiopathogenetic factors for failure must be analyzed together and not separately, aiming to determine which risk factors are the most important. Theoretically this could be done through large epidemiological studies regarding FPR failure cause on large groups of patients (at least 5 patients for each possible class of values of every parameter), therefore minimum $42 \times 5 = 210$ patients. This way, each parameter could have a predefined weight, but the user can modify this weight within certain intervals (equal to the average value obtained out of the above-mentioned epidemiological study plus/minus standard deviation). The results of the clinical study I made allow me to suggest some weighted values for the FPR prognosis.

I have studied on CBCT images, 25 clinical cases with third class edentations according to Kennedy's classification in patients without general diseases aged between 25 and 70 years.

By using CBCT image processing software I measured the bone density. I found software programmes that are able to recognize different radio-opacities, therefore to identify the tissues, which creates the premises for accurate measurements, for example calculation of the volume of available bone around the tooth, which may be divided by the total volume of the external root, getting an important estimation of bone support.

Software which allows a very good quality of 3D model rendering, such as eVida®Viewer allow picturing with high precision the hard dental structures and also of the volume of the pulp chamber, information that could be used to simulate the insertion path of the FPR. Some 3D models can be used to explain the patient the need for endodontic treatment in order to be able to complete the prosthetic rehabilitation (the impossibility of finding an insertion path without removing during tooth preparation a large quantity of hard dental tissues).

The software for analyzing the CBCT images needs powerful computers with 64-bit processor, minimum 2 GB RAM memory and minimum 250 GB hard-disk, due to the high speed of data processing and to the enhanced capacity of rendering rendering tridimensional models of DMS.

There are devices that allow data acquiring directly in electronic format during clinical examination. For 5 patients I have recorded the periodontal chart, plaque and bleeding index with the Florida Probe® (Florida Probe Corporation) device, available in Dental Prevention Department. Based on the recorded data with the electronic periodontal probe and the Lang și Tonetti questionnaire, the Florida Probe software generates a dynamical graphical representation of periodontal risk which I used to explain to the patients how they can minimize their risks by improving oral hygiene and quitting smoking.

Based on existing mathematical formulas regarding the intraoral behaviour of a FPR, the 15 parameters will receive from the software the probable value they will have after different time spans. This way, to a software such as InVivo5®, one may add bone volume assessment modules around an abutment tooth.

The main factors in estimating and printing out the prognosis of FPR are:

- PI=plaque index (percentage of dental surfaces covered by bacterial plaque out of the total number of examined surfaces)
- GI=gingival bleeding index (percentage of areas in which there was bleeding on probing out of the total number of examined surfaces)
- Pg=prognostic (initial value=1)
- rii= recommended oral hygiene (initial value=1=just toothbrushing twice a day; 2=1+flossing in the evening; 3=2+mouthwash twice a day etc)
- rcp=recommended regular check-ups (initial value=1= once every 6 months)

- rip= recommended professional cleaning (initial value=1= once every 6 months)

The method of simulating dental bridges biodynamic is based on the fact that for each clinical case of edentation the FPR is chosen according to the coefficients from the literature. Tridimensional graphical representation of the rehabilitated DMS can be performed by a CBCT image processing software. On this model, according to the values of the parameters measured when FPR was applied (PI, GI, bone density, crown/root ratio, alveolar bone height around abutment teeth) the variations in time of the bone can be shown (percentage of height decrease, decrease of bone density), the possibility of caries onset, the development of abrasion areas on the FPR and on the opposite teeth, the propagation of a fissure in the FPR etc

For each clinical case, all possible combinations of retainers and pontic design will be generated. For each type of FPR, the application software will show the probability of failure (in percentage ranging from 0 to 100) every 6 months up to 8 years after it was cemented. This probability will be calculated based on above mentioned statistical studies. The results will be sorted according to the probability of failure and will be shown on a graphic as different color curves. The horizontal axis will show the time and the vertical one will show the percentage of failure probability.

6. General Discussions

Some of the confusing factors in FPR longevity evaluation are: oral hygiene, FPR design, quality of the initial restorations, static and dynamic occlusion, parafunctions, regular check-ups and professional cleanings, general diseases which may influence the periodontal tissues status around the abutments and/or salivary flow with effects on caries risk etc.

Tridimensional models of dento-maxillary system are very difficult to be designed and managed, but they are the only ones able to fully use the technological progresses regarding large amount of data processing. Considering that in orthodontics there are such 3D models, including those for simulating the treatment choices, I consider such a model can be made for prosthodontics in order to simulate the biodynamic of different types of FPR.

7. General Conclusions

Educating the patients for a healthy diet and an optimal oral hygiene is mandatory for prolonged longevity of FPR. For example a patient informed that he/she has 70% chances to get a FPR having partial crowns as retainers, which could be functional after 10 years in case of a cario-prophylactic behaviour, will be much more motivated to implement such a healthy behaviour ("self-care"). Moreover, the patient may be educated for "self-diagnosis", so that he could recognize the first signs of dental caries and other diseases.

A patient who would see a 3D simulation of possible failure causes can be convinced to ask for regular dental check-ups and professional cleanings. Thus more conservative teeth preparations could be made with maximum preservation of hard dental tissues. Therefore partial crowns could be used more often as retainers.

8. Originality and Innovative Contributions of the thesis

Nowadays no algorithm is used for current selection of abutment teeth for FPR. Technological progresses allow a highly accurate evaluation of the clinical case features and therefore their processing with an algorithm such as the one I have created.

Selective references

- Bratu D, Nussbaum R – Bazele clinice și tehnice ale protezării fixe, Ed. Signata,2001:69-108, 503-601, 1153-1246
- Popa S – Punți dentare, vol I, Ed.Medicală, Cluj-Napoca, 2001:29-180
- Popa S –Punți dentare, vol II, Ed.Medicală, Cluj-Napoca, 2001:17-177
- Rosenstiel S, Land M, Fujimoto J –Contemporary Fixed Prosthodontics, 2001 Mosby Inc: 25-82
- Palotie U; Vehkalahti M - Finnish dentists' perceptions of the longevity of direct dental restorations, Acta Odontol Scand 2009 (1): 44 – 49
- Koori H, Morimoto K, Tsukiyama Y, Koyano K.- Statistical analysis of the diachronic loss of interproximal contact between fixed implant prostheses and adjacent teeth -Int J Prosthodont. 2010 Nov-Dec;23(6):535-40.
- Grigoriadis A, Johansson RS, Trulsson M. - Adaptability of mastication in people with implant-supported bridges. J Clin Periodontol. 2011 Apr;38(4):395-404.
- Badea ME, Avram R – Actualități în profilaxia cariei dentare-2007, Ed. Medicală Universitară “Iuliu Hațieganu”, 89-96