

НОВА МЕТОДИКА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ХЛАБИНИ НА ДЕНТАЛНИ МОСТОВИ КОНСТРУКЦИИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА CAD СОФТУЕР

NEW METHODOLOGY FOR MEASURING THE FITTING GAP OF FIXED PARTIAL DENTURES USING CAD SOFTWARE

Head Assist. Prof. Dr Vasilev T.¹, Assoc. Prof. Dikova T.², Assist. Prof. Dr Dzhendov D.², Head Assist. Prof. Dr Ivanova E.¹

¹ Nikola Vaptsarov Naval Academy, Varna, Bulgaria

² Faculty of Dental Medicine, Medical University of Varna, Bulgaria

t.vasilev@abv.bg, tsanka_dikova@abv.bg, jendo_jendov@abv.bg, elisa.d.ivan@abv.bg

Abstract: The necessity of precise estimation of the gap between the crowns-retainers and abutments of dental bridges requires the development of new methods for their measurement. The introduction of rapid prototyping technologies, including 3D scanning and printing, enables trouble-free creation of virtual models of complex objects in terms of form. The determining of the gap between the bridges and abutment structures in CAD systems leads to difficulties mainly due to their complex shapes. The new methodology, based on engineering CAD software, was developed in this study, which overcome these difficulties. By applying the proposed approach for virtual adjusting between the dental constructions, it is possible to determine the gap between the bridge-retainers and the abutments in enclosed spaces, which are alternatively determined by indirect methods. The main advantages of the new methodology are: 1) complete tracking of the variation of the distance between the surfaces of the bridge-retainers and the abutments; 2) measurement of distances between the surfaces along the three axes and perpendicular; and 3) higher accuracy of the measurements.

Keywords: VIRTUAL ADJUSTING, DENTAL BRIDGES, 3D SCAN, CAD MODELING

1. Увод

Точността на напасване на денталните конструкции може да се изследва чрез два похода - *in vivo* или *in vitro*. *In vivo* методиките оказват директно влияние върху клиничните резултати, но поради геометричните особености на конструкциите, динамиката на двукателния процес и различните условия на устната кухина, те не могат да се стандартизират [1]. Стремешт при *in vitro* изследванията е условията на изпитания да се доближат максимално до клиничните, да има минимум променливи и резултатите лесно да се възпроизведат. За оценка точността на напасване на денталните конструкции най-често се използват две групи методи – разрушителни и безразрушителни. При единствения разрушителен метод циментирания образец се срязва напречно и граничната (маргиналната) област се изследва с микроскоп [2]. Безразрушителните методи включват директно изследване на маргиналната област, техника със силиконова реплика, лазерна видеография, профилометрия и микротомография. Директното наблюдение с микроскоп е лесен и бърз метод, който лесно може да се повтаря, затова той се използва най-широко. Но точността на измерванията е по-ниска поради трудно намиране на референтните точки и грешки на апаратурата при проекции на точките [1,2]. Съществува разновидност, обединяваща двата метода, при които вместо реалните образци се измерва граничния участък на тяхна реплика от епоксидна смола, но това не осигурява достатъчно точни резултати.

Безразрушителният метод с помощта на реплика на образците е точен и надежден метод, който може да бъде използван за оценка на напасването на конструкциите както *in vivo*, така и *in vitro* [3,4]. При тази техника с помощта на еластомерни отпечатъчни материали – силикон или полиетер се прави отпечатък на пространството между подготвения зъб и протезната конструкция [2,4-7]. След изработване, силиконовата реплика се нарязва на определен брой сектори, което ограничава броя на измерванията. Всеки сектор се наблюдава под микроскоп и хлабината се измерва [2]. В този вид изследване се използват различни видове микроскопи – светлинни, дигитални, стереомикроскопи [1]. Като недостатък при всички тях се явява препокриването на границите, което може да понижи точността на измерване. Повечето автори считат, че най-точни резултати се получават при работа със

сканиращ електронен микроскоп [1,4]. При лазерната видеография силиконовата реплика се дигитализира заедно с матрицата. Този метод не е много подходящ за измерване на маргиналната (граничната) хлабина в референтни точки и се използва най-често за измерване на вътрешната хлабина [2,8]. За измерване на разстоянието от ръба на короната или моста до границата на опорния зъб, т.е. маргиналната хлабина, може да се използва обикновен профиломер за изследване на грапавост. Рентгеновата микро-томография е най-новия метод, който осигурява безразрушителна визуализация и контрол на вътрешните повърхнини на обекта чрез многократни проекции и реконструкция на самия обект с помощта на специализиран софтуер [2,7,9]. Недостатък на този метод е сравнително голямата дебелина на срезове (1.8 mm), което понижава точността [7].

Тъй като точното напасване на наснемаемите протезни конструкции е от особена важност за техния клиничен успех, за неговия контрол са разработени редица методики. Всяка една от тях притежава своите предимства и недостатъци. Широкото навлизане на компютъризацията и дигитализацията във всички сфери дава нови възможности. Целта на настоящата статия е на основата на инженерен CAD софтуер да се разработи нова методика за изследване хлабината на неснемаеми дентални конструкции спрямо опорните зъби, която да осигури висока точност на измерванията.

2. Методика

Новата методика за изследване точността на ажустиране/напасване на дентални мостове е създадена на базата на CAD системата *SolidWorks*. За разработването ѝ бе необходимо първо да се генерират виртуални 3D модели на реалния гипсов модел на клиничната ситуация и на изработените с негова помощ мостови конструкции. За тази цел гипсовия модел и мостовете бяха предварително сканирани с помощта на сканер *Tizian Smart-Scan* и софтуер *Exocad*. Получената информация бе използвана за създаване на виртуални 3D модели, които са конвертирани в *stl*-формат. Този формат е съвместим със софтуера *SolidWorks* и от него бяха генерирани виртуални 3D модели на гипсовия модел и на реалните мостове за съответната среда. С помощта на различните функции на *SolidWorks* всеки един от мостовете бе поставян и фиксиран върху виртуалния гипсов модел и бяха

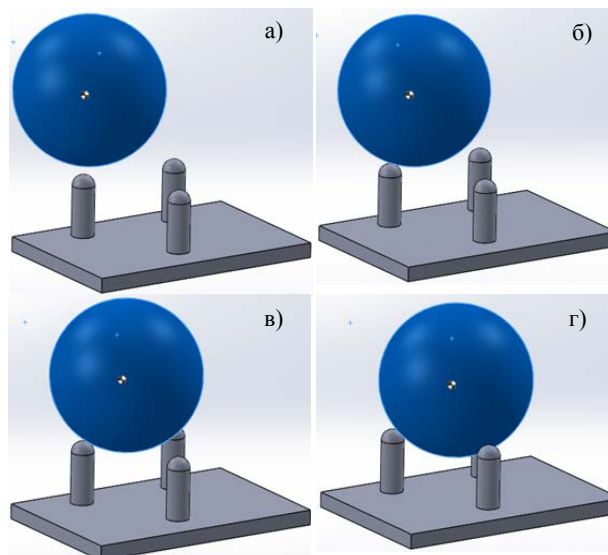
измервани хлабините между вътрешните повърхности на короните-мостокрепителите на мостовите и повърхностите на опорните зъби-мостоносители от гипсовия модел.

3. Резултати и дискусия

За да се определи хлабината между короните-мостокрепителите и опорните зъби чрез използване на сканирани виртуални модели е необходимо между тях да бъдат създадени връзки (*mate*), като връзките трябва да отговарят на предварително зададени и възможни за контролиране гранични условия. Създаването на връзки между тела с правилна геометрия (равнини, прави линии, къгове, цилиндри и т.н.) не води до затруднения, докато създаването на връзки между тела със сложна геометрия изисква въвеждането на допълнителни геометрични елементи, най-често равнини.

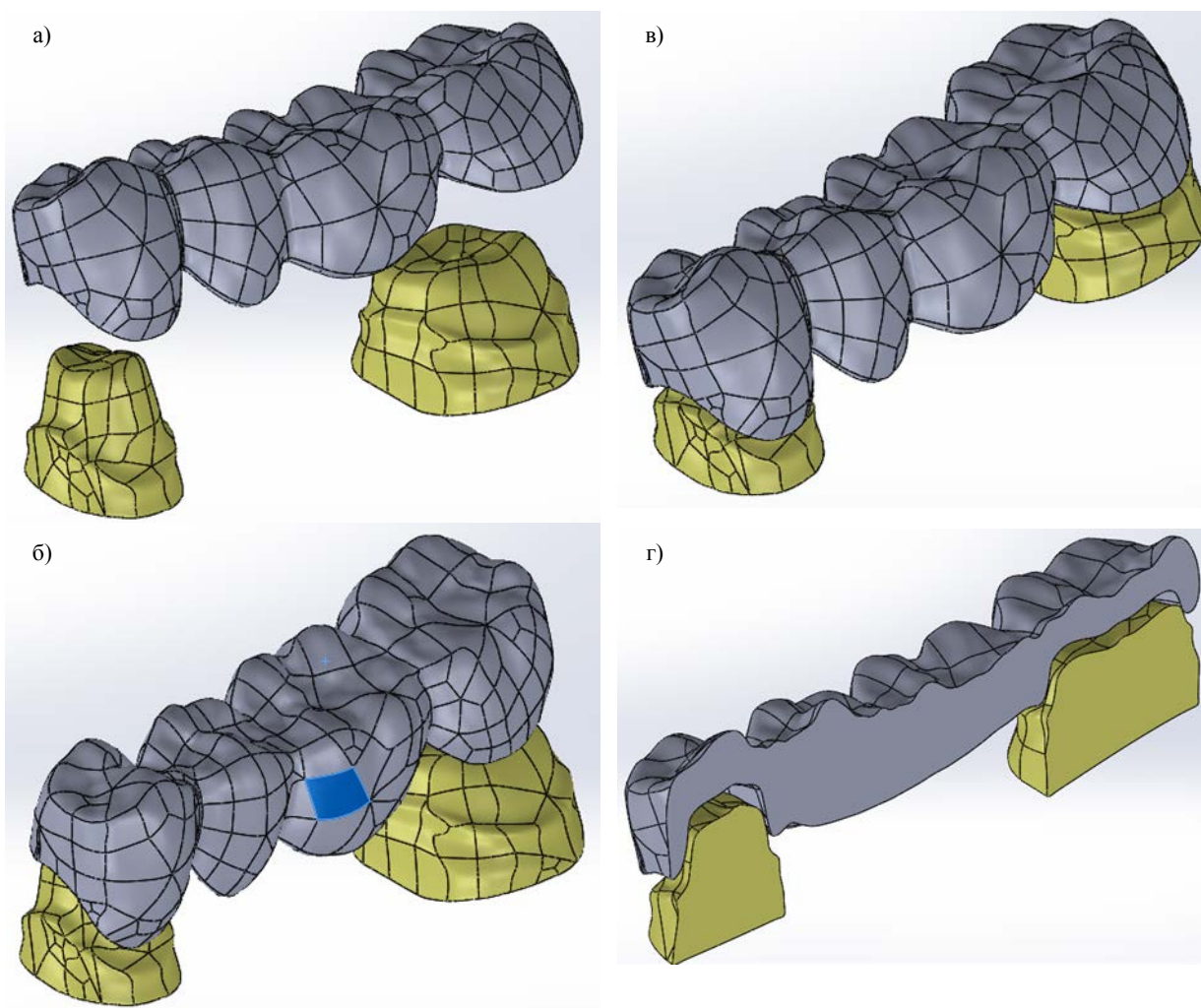
3.1 Анализ на методите и средствата за създаване на връзки между няколко обекта в CAD системата

За образуването на връзки между виртуалните модели на мостовите конструкции и опорните зъби са използвани два подхода. С първият, чрез използването на команда *Move Component* и опцията *Physical Dynamics* в CAD системата *Solid Works* е направено предварително разположение между двата обекта. Тази команда позволява преместване на обектите в дадено направление до тогава, докато обектите се допрат един до друг, след което посоката на движение се променя. Движението на обектите е до тогава докато контактът между



Фиг.1 Кадри от поведението на триизмерни обекти при напасването им с командата за преместване на елементите с физически контакт

моделите достигнат стойност, при която им се отнемат всичките степени на свобода. Тази възможност напълно съответства на реалното поставяне на короните-мостокрепителите върху мостоносителите (ажустирането), но изисква огромна компютърна мощ, както и много висока



Фиг.2 Напасване на модела на мостовата конструкция върху мостоносителите с използване на командата за прелестване на обектите с физически контакт

точност на виртуалните модели. Малко разминаване в геометрията и размерите води до нереално отнемане на степените на свобода между напасваните обекти.

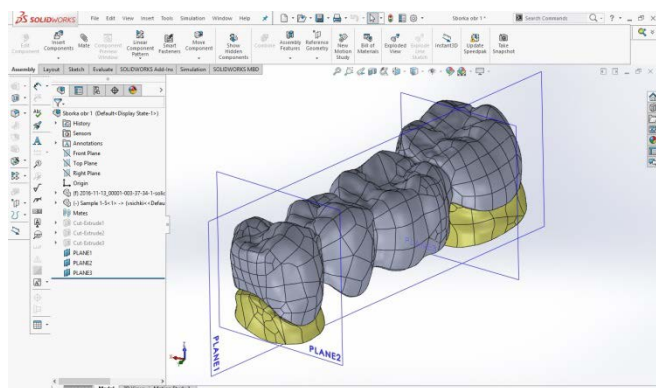
За да се наблюдава принципа на действие на командата *Move Component* и опцията *Physical Dynamics*, на фиг. 1 са показани няколко кадъра от клип показващ придвижването на сфера към обект с три издадени части и напасването ѝ спрямо геометрията на обекта. Наблюдава се придвижване на сферата до допира ѝ с един от изпъкналите елементи, след което тя се завърта по посока на часовниковата стрелка до допирането ѝ с втория обект, а след това и с третата изпъкнала част.

На фиг.2 са показани виртуалните модели на моста и опорните зъби, разположени един върху друг, в момента преди началото на напасването - а), по време на напасването - б) и в края, когато програмата спира и не позволява повече преместване - в) и г). За да се достигне до полученото разположение на моделите един спрямо друг е използвана разгледаната по-горе команда.

Посочените недостатъци на тази опция, както и невъзможността за пълното напасване на моделите един към друг, налага промяна в подхода за анализа на взаимното разположение между отделните обекти.

3.2 Опростиране на моделите и въвеждане на спомагателни равнини

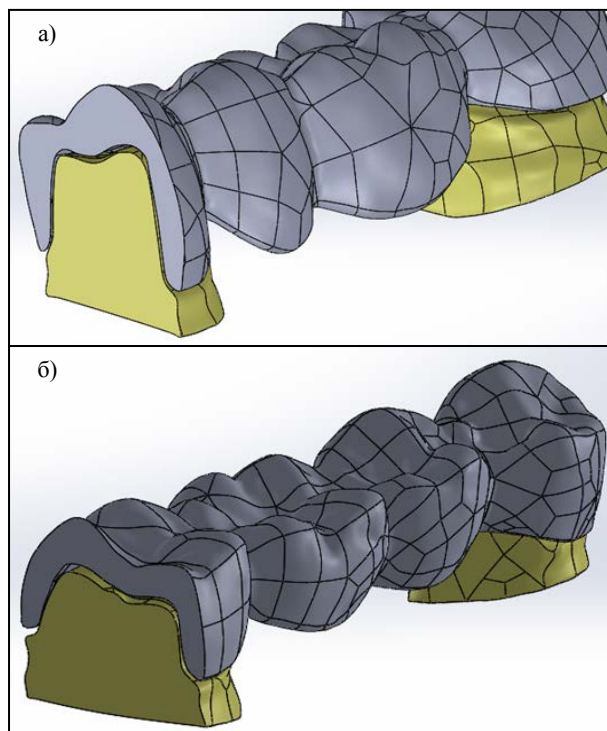
От разреза на ажустирания модел, в максимално възможната му позиция – фиг.2-г, се вижда, че напасването е недостатъчно, най-малкото заради неравномерното разпределение на хлабината между моделите. Поради тази причина е използван друг подход, при който се въвеждат три допълнителни равнини, една надлъжна (*PLANE 1*) и две напречни - съответно в премолара (*PLANE 2*) и молара (*PLANE 3*). Разположението на равнините е показано на фиг.3.



Фиг.3 Разположение на секущите равнини спрямо които са отрязани виртуалните модели.

Виртуалните модели са отрязани заедно със съответната секуща равнина, като разрезът е отразен в детайлните модели на короните-мостокрепителите и опорните зъби. Получените равнини във всеки един от обектите служат за създаването на връзка, която отнема 3 от степените на свобода. Останалите 3 степени на свобода позволяват допълнително преместване на виртуалния модел така, че разпределението на хлабината в създадения виртуален модел да се доближи максимално до разпределението ѝ в реалната ситуация. По този начин са създадени връзки между отделните образци на мостовите и мостоносителите, позволяващи измерването на хлабините с висока точност и при едни и същи условия независимо един от друг.

На фиг.4 са показани изображения, получени при вече създадени връзки между двете повърхности получени при отрязването с една и съща равнина. От изображенията се вижда възможността за много добро разпределение на хлабината.

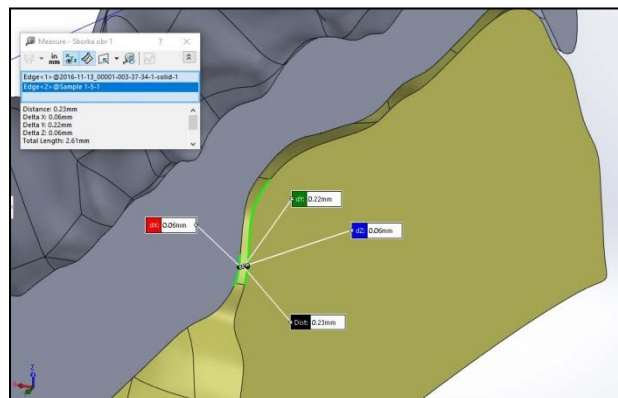


Фиг.4 Общ вид на разрязаните и напаснати 3D модели в две създадени равнини: а) напречно направление в премолара и б) напречно направление в молара.

3.3 Измервания на напаснатите модели

За да се определи големината на образулата се хлабина между изследваните образци е необходимо да се достигне до конкретни стойности в определени точки. Това е възможно чрез използване на инструмент от CAD системата *Solid Works – Measure* от менюто *Evaluate*. Чрез този инструмент при избор на две произволни точки от обектите като резултат се извеждат разстоянията по трите координати X, Y и Z, както и разстоянието между тях (фиг. 5).

За потвърждаване истинността на получените данни са направени измервания на хлабината между короните-мостокрепителите и опорните зъби-мостоносители в различни точки както по границата на изпиляване на зъба, така и по вътрешните повърхнини. Стойностите са сравнени с данните, получени при експериментални измервания на хлабината по препаративната граница със силиконовата проба [10]. Анализът показва предимствата на новата методика: 1) възможност за проследяване изменението на разстоянието между повърхностите на мостоносителите и мостокрепителите в различни направления; 2) измерване на разстояния по трите оси и перпендикулярно между повърхнините и 3) по-висока точност на измерванията.



Фиг.5 Измервания чрез използване на инструмента *Measure* в среда на *Solid Works*.

4. Заключение

Разработена е нова методика за изследване ажустирането/напасването на неснемаеми дентални конструкции, в която е използван инженерен CAD софтуер. От направения анализ на методите и средствата за определяне на хлабините между мостовите конструкции и опорните зъб-мостоносители може да се заключи, че ново-създадената методика за виртуално напасване и измерване позволява то да се извърши безразрушително. Основните предимствата на новата методика са: 1) възможност за цялостно проследяване изменението на разстоянието между повърхностите на мостоносителя и мостокрепителите; 2) измерване на разстояния по трите оси и перпендикулярно между повърхнините и 3) по-висока точност на измерванията.

5. Благодарност

Настоящата работа е извършена с помощта на катедра „Механика и машинни елементи“, Машинно-технологичен факултет при Технически Университет-Варна.

6. Литература

[1] Kaleli N, Sarac D. Influence of porcelain firing and cementation on the marginal adaptation of metal ceramic restorations prepared by different methods. J Prosthet Dent. Forthcoming. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.08.016.
 [2] Contrepois M, Soenen A, Bartala M, Laviolle O. Marginal adaptation of ceramic crowns: A systematic review. J Prosthet Dent 2013;110:447-454.

[3] Tamac E, Toksavul S, Toman M. Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns. J Prosthet Dent. 2014;112:909-913.
 [4] Shamseddine L, Mortada R, Rafai K, Chidiac JJ. Fit of pressed crowns fabricated from two CAD-CAM wax pattern process plans: A comparative in vitro study. J Prosthet Dent. Forthcoming. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.10.003.
 [5] Huang Z, Zhang L, Zhu J, Zhang X. Clinical marginal and internal fit of metal ceramic crowns fabricated with a selective laser melting technology. J Prosthet Dent. 2015;113:623-627.
 [6] Vojdani M, Torabi K, Atashkar B, Heidari H, Ardakani MT. A Comparison of the Marginal and Internal Fit of Cobalt- Chromium Copings Fabricated by Two Different CAD/CAM Systems (CAD/ Milling, CAD/ Ceramill Sintron). J Dent Shiraz UnivMed Sci., 2016 December; 17(4): 301-308.
 [7] Kim EH, Lee DH, Kwon SM, Kwon TY. A microcomputed tomography evaluation of the marginal fit of cobalt-chromium alloy copings fabricated by new manufacturing techniques and alloy systems. J Prosthet Dent. 2017;117(3):393-399.
 [8] Luthardt RG, Bornemann G, Lemelson S, Walter MH, Huls A. An innovative method for evaluation of the 3-D internal fit of CAD/CAM crowns fabricated after direct optical versus indirect laser scan digitizing. Int J Prosthodont 2004;17:680-5.
 [9] Pelekanos S, Koumanou M, Koutayas SO, Zinelis S, Eliades G. Micro-CT evaluation of the marginal fit of different In-Ceram alumina copings. Eur J Esthet Dent 2009;4: 278-92.
 [10] Джендов Д., Неснемаеми протезни конструкции от Co-Cr сплави, изработени чрез технологии с добавяне на материал, Автореферат на дисертация, МУ-Варна, Варна, 2017, 50 с.