Archive of SID

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دوره ۲۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹، ۱۰۴-۹۵

طراحی نرم‌افزار کامپیوتری جهت انتخاب شکل سیم‌های پره‌فرم ارتودنسی□

دکتر مهتاب نوری*، دکتر وحید مشکل‌گشا **، دکتر محمد شمسا ***، دکتر علی‌اکبر اکبرزاده باغبان ****

چکیده

سابقه و هدف: *بدست آوردن یک قوس دندانی که در عین زیبایی، فانکشنال باشد و از ثبات لازم برخوردار باشد، برای مدت‌های طولانی، از مهمترین هدف‌های رشته ارتودنسی بوده است. هدف از مطالعه حاضر آن است که یک نرم‌افزار کامپیوتری جهت بررسی شکل انواع آرچ وایرهای پره‌فرم و انتخاب بهترین شکل متناسب با قوس دندانی هر بیمار طراحی گردد.*

مواد و روشها: *در مطالعهٔ تشخیصی حاضر، یک نرم‌افزار با زبان* **Visual Basic** *طراحی گردید. ۱۰۰ کست فک بالا و پایین اسکن شدند و پس از تعیین نقاط باکال میانی دندان‌ها روی کست‌ها، فرم قوس به کمک فرمول ریاضی درجه شش به دست آمد. آرچ وایرهای پره‌فرم* **Niti** *پس از اسکن توسط نرم‌افزار بررسی و منحنی مربوط به هر کدام در نرم‌افزار ذخیره گردید. نرم‌افزار قادر بود ضمن تعیین قوس اپتیموم هر کست، مناسب‌ترین آرچ وایر را با نزدیکترین تطابق شکل با قوس دندانی انتخاب کند. جهت ارزیابی دقت نرم‌افزار در انتخاب سیم پری‌فرم* **Niti** *شکل سیم انتخاب شده توسط نرم‌افزار با نظر اجمالی ۷ ارتودنتیست با آزمون آماری کاپا مورد مقایسه قرار گرفته، روایی و پایایی نرم‌افزار با استفاده از آزمون* **ICC** *و* **one sample test** *و شاخص دالبرگ محاسبه شد.*

یافته‌ها: *میانگین خطای نرم‌افزار در اندازه‌گیری فواصل در حد* **mm** *۰/۱ و به صورت بزرگ‌نمایی بود. از نظر آماری اختلافی بین دو اپراتور در اندازه‌گیری در حد ۰/۰۵ میلی‌متر وجود داشت. ضریب توافق (کاپا) بین افراد مورد استفاده به عنوان استاندارد طلایی در بیشترین حالت ۰/۴۲۹ بود. ضریب توافق بین انتخاب اول نرم‌افزار و استاندارد طلایی ۰/۴۱۳ بود (۶۴٪ در کست‌های فک بالا و ۵۹٪ در کست‌های فک پایین مشابه بود). ضریب توافق بین انتخاب اول یا دوم نرم‌افزار و استاندارد طلایی ۹۱٪ بود (۹۴٪ در کست‌های فک بالا و پایین مشابه بود).*

نتیجه‌گیری: *دقت، پایایی و روایی نرم‌افزار از لحاظ بالینی با حد خطایی معادل ۰/۱ میلی‌متر قابل قبول بود. با در نظر گرفتن انتخاب اول یا دوم نرم‌افزار به عنوان انتخاب معتبر، نشان داده شد که نرم‌افزار در اغلب موارد نتایجی مشابه با استاندارد طلایی دارد و می‌تواند از لحاظ بالینی جهت تعیین آرک وایر مناسب بیمار مورد استفاده قرار گیرد. نرم‌افزار علاوه بر قابلیت به کارگیری و نصب ساده ابزار مناسبی جهت انتخاب مناسب‌ترین شکل سیم‌های پیش ساخته* **Niti** *برای هر بیمار می‌باشد.*

کلید واژگان: *خطاهای تشخیصی، کست دندانی، فرمول‌های ریاضی، آنالیز تصاویر دیجیتال*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۷/۱۳ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۸۸/۱۱/۱۰ تاریخ تأیید مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۴

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دوره ۲۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹، ۱۰۴-۹۵

مقدمه

بدست آوردن یک قوس دندانی که در عین زیبایی، فانکشنال بوده، و از ثبات لازم برخوردار باشد، برای مدتی طولانی، از مهمترین هدف‌های رشته ارتودنسی بوده است. کلید اصلی رسیدن به این هدف، تعیین یک فرم قوس اختصاصی در درمان هر بیمار است(۱). آرچ فرمی در نظر ارتودنتیست برای یک بیمار اپتیمال است که بهترین زیبایی و اکلوژن فانکشنال را برای بیمار ایجاد نماید(۲).

با این وجود اجماع مشخصی در خصوص آنکه ویژگی آرچ

□ طرح مصوب معاونت پژوهشی دانشکدهٔ دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

* دانشیار گروه ارتودنسی، دانشکدهٔ دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. E-mail:mnouri@dent.sbmu.ac.ir

** استادیار گروه ارتودنسی، دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز.

*** دندانپزشک.

**** استادیار گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات اندودانتیکس، دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.

www.SID.ir

Archive of SID

فرم مناسب که باید در نتیجه درمان ارتودنسی حاصل شود، چیست، وجود ندارد(۳)، بنابراین یک سوال بنیادی در حیطه درمان ارتودنسی آن است که چگونه ارتودنتیست باید فرم صحیح قوس را برای یک بیمار خاص بسازد و یا فرم قوس مناسب را از بین انواع مختلف انتخاب نماید. بر مبنای مطالعات صورت گرفته در خصوص ریلاپس، عموماً بر این موضوع توافق وجود دارد که ثبات اکلوزالی پس از درمان از طریق حفظ فرم قوس اولیه بیمار و نگاهداری عرض بین کانینی مانديبولر اولیه بیمار، افزایش می‌یابد(۴،۵).

از سوی دیگر با پیشرفت تکنولوژی متالورژیک و معرفی آرچ‌وایرهای نیکل تیتانیوم از قبل ساخته شده با قابلیت الاستیسیته بالا، دندانپزشکان قادرند در مراحل اولیه ردیف کردن و همسطح کردن دندان‌ها از این وایرها استفاده نمایند. این نوع از آرچ وایرها با توجه به این باور که سبب تسهیل و اثربخشی بیشتر درمان در خلال این مراحل می‌گردند، در میان ارتودنتیست‌ها مقبولیت زیادی به دست آورده‌اند. با توجه به خصوصیات متالورژیک این آرچ وایرها، در حین پروسه بالینی نمی‌توان شکل و اندازه آنها را تغییر داد(۶). مطالعاتی که اخیراً به مقایسه اشکال تجاری این سیم‌های پیش ساخته با فرم قوس طبیعی بیماران پرداخته‌اند، نشان داده‌اند که فرم قوس اغلب مارک‌های تجاری این آرچ‌وایرها با فرم قوس طبیعی نامتناسب است(۷،۸). بنابراین با استفاده از وایرهای نیکل تیتانیوم از قبل ساخته، ارتودنتیست قادر نیست شکل منحصر به فرد قوس دندانی بیمار را حفظ کند و عدم موفقیت در این موضوع باعث احتمال ریلاپس نتایج درمان و ایجاد یک لبخند غیرطبیعی می‌شود(۹،۱۰).

کارخانجات سازنده آرچ وایر با در نظر گرفتن این مسایل، آرچ وایرهای پره‌فرم را در چند شکل هندسی متفاوت به بازار ارایه نموده‌اند، لیکن این اشکال در مارک‌های مختلف آرچ وایر متفاوت است و از استاندارد خاصی تبعیت نمی‌نماید(۷، ۸). وجود تنوع در شکل آرچ‌های پره‌فرم با مارک‌های تجاری متفاوت در عین حال یک امتیاز به شمار می‌آید و این فرصت را در اختیار کلینیسین قرار می‌دهد تا از میان مجموعه متنوع موجود، مناسب‌ترین شکل را در درمان هر بیمار به کار برد.

با وجود این، متاسفانه اغلب یک کلینیسین نمی‌تواند از این فرصت به خوبی بهره‌برداری نماید. مسایل مربوط به کنترل عفونت، کمی وقت در شرایط بالینی و مسایل تجاری اغلب مانع آن است که بتوان تک تک شکل‌های آرچ وایر موجود در بازار را در هر بیمار مورد آزمون قرار داد و شکل مناسب برای او را از بین انواع مارک‌های تجاری انتخاب نمود.

از دیرباز، راه حل‌های مختلفی برای این مشکل ارائه شده‌اند. استفاده از کست‌های گچی بیمار جهت انتخاب آرچ مناسب (۱۱)، استفاده از مدارک جایگزین چون فتوکپی کست دندانی (۱۲) یا درمان همه بیماران با یک فرم قوس به اصطلاح ایده‌آل (۱۳) همگی مدتی مورد استفاده بوده‌اند، هرچند خالی از اشکال نیستند.

برنامه‌های آنالیز کامپیوتری مدتی است که در رشته ارتودنسی در امور مختلف بالینی چون تشخیص و طرح‌ریزی درمان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به آنکه اغلب مطالعات در خصوص فرم قوس دندانی و نیز پتنت‌های آرچ وایر مورد استفاده توسط کارخانجات مختلف از فرمول‌های ریاضی جهت توصیف شکل هندسی قوس دندانی استفاده کرده‌اند(۱۶-۱۴)، استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری (که زبان آن ریاضی است) در مساله‌ای چون آنالیز شکل قوس دندانی یا انتخاب شکل آرچ وایر قابل توجه است.

این مطالعه با هدف طراحی نرم‌افزاری جهت آنالیز فرم قوس دندانی و انتخاب آرچ وایر مناسب با آن با استفاده از تصویر کست دندانی اسکن شده و بررسی روایی و پایایی آن صورت پذیرفت.

مواد و روشها

مطالعه تشخیصی حاضر با هدف بررسی دقت و قابلیت اعتماد نرم‌افزار NAMS Cast analyzer (Nouri, Akbarzadeh, Moshkelgosha, Shama) در تشخیص شکل قوس دندانی و انتخاب آرچ وایر مشابه با آن طراحی گردید. نمونه‌های مورد بررسی عبارت بودند از ۵۱ عدد کست مندیبولر و ۴۹ عدد کست ماگزیلری. کست‌ها به صورت غیرتصادفی از رکوردهای بیماران بخش ارتودنسی دانشکده دندانپزشکی شهید بهشتی و مطالعه طولی افراد با اکلوژن نرمال (۱۷) انتخاب شدند. معیار ورود شامل کامل بودن مدارک تشخیصی جهت بررسی عدم وجود مشکلات سندرومیک و آسیمتری اسکلتی بود. از کست‌های با اکلوژن نرمال، مال‌اکلوژن‌های مختلف با کراودینگ خفیف تا متوسط و موارد درمان شده ارتودنسی در نمونه‌گیری استفاده شد. همچنین، ۵ جفت آرچ وایر NiTi پره‌فرم فک بالا و پایین از

www.SID.ir

Archive of SID

میان مارک‌های تجاری با مصرف بالا جهت بررسی انطباق با کست‌های مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند.

قبل از انجام آنالیز قوس دندانی، تصویر کست دندانی از نمای اکلوزالی تهیه شد. پس از مشخص کردن لندمارک‌ها، کست‌ها از سطح اکلوزال بوسیله اسکنر رومیزی (HP) (SCANJET 4850 Photo, Microtek Beijing China) اسکن شدند. جهت استانداردسازی روش اسکن از یک برگ ترانسپارت مخصوص کالیبراسیون که روی آن سه نقطه مارک شده بود، استفاده گردید. تمامی کست‌ها در مختصات x و y یکسانی روی صفحه دستگاه اسکنر قرار داده شدند. تصاویر با رزولوشن 300 dpi (نقطه در اینچ) تهیه شدند. با در نظر گرفتن رزولوشن تصویر اسکن (R_{scan})، مقدار بزرگ‌نمایی تصویر (F_{scale})، اندازه حقیقی هر پیکسل تصویر بر روی مانیتور با فرمول $S_{pixel} = {}^{1}\!/_{Fscale} \times {}^{1}\!/_{Rscan}$ به دست آمد. تصویر آرچ وایرهای مورد استفاده هم به روش مشابهی تهیه شد.

به منظور انتخاب بهترین رزولوشن جهت اسکن کست‌ها تصویر یک خط‌کش شفاف استاندارد توسط دستگاه اسکنر مورد استفاده در مطالعه با رزولوشن ۱۵۰ dpi، ۲۰۰ dpi، ۳۰۰ dpi و ۶۰۰ dpi تهیه و فاصله ۲۹ میلی‌متری که حدوداً معادل عمق قوس بود، در هر تصویر ۱۰ بار به کمک نرم‌افزار اندازه گیری گردید.

تصاویر اسکن شده کست‌ها در بانک داده‌های نرم‌افزار NAMS Cast analyzer که به همین منظور طراحی شده بود ذخیره شد. لندمارک‌های مورد نظر در ترسیم منحنی قوس دندانی (راس کاسپ یا نقاط باکالی) روی صفحه نمایش مشخص شده، مختصات تمامی این نقاط به صورت خودکار ذخیره گردید. همچنین، نرم‌افزار تصویر آرچ وایرها را با دیجیتاله کردن مختصات ۵ نقطه متقارن بر روی آن در بانک داده‌ها ذخیره می‌کرد. این مختصات در مقایسه شکل آرچ وایرها با شکل قوس دندانی در هر کست استفاده شد.

با استفاده از مختصات نقاط رفرانس، محور اصلی قوس دندانی در هر کست (Orthogonal Axis System) تعیین می‌گردید. به این ترتیب مرکز ثقل مجموعه نقاط دیجیتاله شده COG بوسیله توابع ریاضی تعیین و Orientation هر نقطه از مجموعه نقاط نسبت به COG نیز تعیین گردید. طبق روش توصیه شده BeGole (۱۹۸۰) (۱۶)، اپکس و میدلاین منحنی قوس دندانی به صورت خط نیمساز زاویه تقاطع امتداد خطوط اتصال دهنده راس کاسپ‌های دندان کانین و مولر دوم دو طرف قوس تعریف شد. در مواردی که کراودینگ وجود داشته باشد یا موقعیت دندان‌های کانین و مولر متقارن نباشد، این محور میدلاین با محور میدلاین اسکتال که از اتصال میدپالاتال روگا و فووا پالاتینا به دست می‌آید، دارای زاویه θ می‌باشد. الگوریتم تطابق منحنی در برنامه حاضر بدین صورت بود که ابتدا مختصات نقاط به اندازه زاویه θ حول COG چرخانده می‌شد و پس از متقارن شدن نسبی مجموعه نقاط (به خصوص لندمارک‌های کانینی)، منحنی درجه ۶ با مختصات جدید نقاط که با فرمول (۱) (۱۶) به دست می‌آمد، منطبق می‌گردید.

فرمول (۱)

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\cos\theta + Y\sin\theta \\ -X\sin\theta + Y\cos\theta \end{bmatrix}$$

پس از انجام مرحله Orientation، نرم‌افزار به صورت اتوماتیک پارامترهای عرض بین کانینی (WC) ، عرض بین مولری (WM) ، عمق آرچ در ناحیه کانین (DC) و عمق آرچ در ناحیه مولر (DM) را از طریق اندازه‌گیری بین نقاط مرجع محاسبه می‌کرد و سپس با استفاده از فرمول (۲) (۱۸) که یک تابع ریاضی دوجمله‌ای درجه ۶ است، منطبق کردن منحنی با نقاط مرجع انجام می‌گرفت.

فرمول (۲)

$$Y = 64\left(\frac{D_c W_m^2 - D_m W_c^2}{W_c^6 W_m^2 - W_c^2 W_m^6}\right) X^6 + 4\left(\frac{D_c W_m^6 - D_m W_c^6}{W_c^2 W_m^6 - W_c^6 W_m^2}\right) X^2$$

الگوریتم بررسی تطابق منحنی قوس دندانی در هر کست با منحنی مربوط به آرچ وایر به صورت مقایسه فواصل مجموعه نقاط تشکیل دهنده دو منحنی از یکدیگر بود. دو منحنی که حداقل میانگین فواصل را داشتند به عنوان بهترین تطابق شناخته می‌شدند.

استاندارد طلایی مورد استفاده در بررسی روایی نرم‌افزار در تشخیص مناسب آرچ وایرها، نظر اجماعی متخصصین

www.SID.ir

Archive of SID

ارتودنسی بود. بدین صورت از ۷ نفر از متخصصین ارتودنسی درخواست شد تا به صورت معمول آرچ وایر پره‌فرم مناسب جهت کست‌های دندانی مورد مطالعه را از بین آرچ وایرهای مورد استفاده در مطالعه انتخاب نمایند. به منظور Blind کردن متخصصان نسبت به مارک‌های تجاری وایرهای مورد استفاده، هر وایر، به کمک یک نوار رنگی که بر آن چسبانده شد، با یک کد رنگی مشخص گردید. کست‌های مورد بررسی به وسیله شماره‌های از یک تا صد مشخص و به صورت تصادفی روی میز چیده شده بودند. هر متخصص با بررسی تعدادی از کست‌ها (در افراد مختلف متفاوت بود) انتخاب‌های خود را در جداول مربوط به خود وارد می‌کرد. متخصصان اطلاع نداشتند که دیگر افراد چه سیمی را انتخاب کرده‌اند و بدین صورت از سوگیری جلوگیری می‌شد. همچنین، جهت مقایسه با ضریب توافق استاندارد طلایی به وسیلهٔ نرم‌افزار، ضریب توافق بین ۷ کلینیسین در اجماع‌گیری برای استاندارد طلایی در انتخاب آرچ فرم در ۲۰ کست محاسبه گردید. از شاخص آماری کاپا برای بررسی دقت اندازه‌گیری نرم‌افزار و توافق آن با استاندارد طلایی (نظر اجماعی متخصصین ارتودنسی) و Intraclass correlation coefficient of reliability (ICC) و آزمون آماری One sample t جهت بررسی روایی و پایایی نتایج استفاده شد.

یافته‌ها

از نمونه‌های مطالعه یک کست فک بالا و یک کست فک پایین به علت واجد نبودن Arch Integrity و عدم تناسب با نمونه وایرهای مورد استفاده از مطالعه خارج شدند. در انتخاب بهترین رزولوشن تصویر جهت اسکن کست، بیشترین مقدار خطا با رزولوشن ۶۰۰ dpi و به مقدار ۰/۱۲ mm (۱/۲ mm– ۰/۰) و کمترین مقدار با رزولوشن ۲۰۰ dpi (۰/۱ mm–۰) و ۳۰۰ dpi و به مقدار ۰/۰۵mm (۰/۱ mm–۰) بود. مقدار این خطا با رزولوشن ۱۵۰ dpi برابر ۰/۱ mm (۰/۲mm –۰) بود. بین کلیه رزولوشن‌ها با مقدار استاندارد طلایی (۲۹mm) اختلاف معنی‌دار وجود داشت که با استفاده از رزولوشن ۳۰۰ و ۳۰۰ dpi جهت اسکن مقدار احتمال بالاتر بود (در هر دو مورد p = ۰/۰۲). در واقع این امر نشان‌دهنده اختلاف کمتر مقدار اسکن شده در این دو رزولوشن با استاندارد طلایی است. این تاییدی است بر یافته‌های توصیفی قبلی و به همین دلیل رزولوشن ۳۰۰ dpi به دلیل دقت بالاتر تصویر به عنوان رزولوشن مناسب جهت اسکن کست‌ها و سیم‌ها در این مطالعه انتخاب گردید.

مقادیر اندازه‌گیری شده توسط هر دو کاربر اختلاف آماری معناداری با استاندارد طلایی داشت (P<۰/۰۵). در مورد کاربر اول مقدار میانگین اختلاف ۰/۱۳۰mm (۰/۱–۰/۲ mm) و در مورد کاربر دوم این مقدار ۰/۱۰۵ mm(۰/۰–۰/۲ mm) بود. مقدار توافق بین کاربر در اندازه‌گیری خط‌کش ۵۰ سانتیمتری اسکن شده با رزولوشن ۳۰۰ dpi با استفاده از شاخص ICC برابر ۰/۳۰۵ بدست آمد که به معنی توافق پایین دو کاربر بود ولی از آنجا که اختلاف این دو کاربر با یکدیگر با استفاده از شاخص Dahlberg برابر ۰/۰۴۸mm بود، این مقدار از لحاظ بالینی قابل صرف نظر کردن و در حد خطای دید چشم انسان می‌باشد.

جدول ۱، نتایج به دست آمده از انتخاب آرچ وایر به وسیله نرم‌افزار و استاندارد طلایی را در ۴۸ کست فک بالا نشان می‌دهد. در این جدول، اولین انتخاب نرم‌افزار جهت مقایسه استفاده شده است. در ۶۲/۵٪ موارد، آرچ وایر انتخاب شده با اولویت اول توسط نرم‌افزار با استاندارد طلایی مشابه بود. به علت آنکه جدول از توزیع متقارن برخوردار نبود، ضریب کاپا در این حالت قابل محاسبه نبود.

در جدول ۲، آرچ وایر انتخاب شده توسط نرم‌افزار و استاندارد طلایی در ۵۰ کست فک پایین با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در ۵۸٪ موارد، انتخاب اول نرم‌افزار و استاندارد طلایی مشابه بود. مقدار ضریب کاپا برابر با ۰/۴۴۱ محاسبه گردید که اختلاف نرم‌افزار و استاندارد طلایی از نظر آماری معنادار بود (P<۰/۰۵).

همچنین، آزمون‌های آماری جهت بررسی ضریب توافق بین نرم‌افزار و استاندارد طلایی، وقتی که استاندارد طلایی با انتخاب اول یا دوم نرم‌افزار (از بین ۵ مورد) مقایسه شود، مورد استفاده قرار گرفتند. جدول ۳، نتایج مقایسه را در ۴۸ کست فک بالا نشان می‌دهد. در ۹۴٪ موارد بین انتخاب اول یا دوم نرم‌افزار و استاندارد طلایی، مشابهت وجود داشت. ضریب کاپا در این حالت برابر با ۰/۸۸۰ بود (P<۰/۰۱). آزمون‌های آماری مشابه در مورد ضریب توافق در ۵۰ کست فک پایین انجام پذیرفتند. جدول ۴ نتایج این مقایسه را نشان می‌دهد. در ۹۴٪ موارد انتخاب اول یا دوم نرم‌افزار با استاندارد طلایی مشابه بود. ضریب کاپا برابر با ۰/۹۱۷ محاسبه گردید که از نظر آماری معنادار بود (P<۰/۰۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵، مقادیر ضریب کاپا را بین کلینیسین‌های مختلف نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود ضریب توافق بین کلینیسین‌های مختلف در خصوص انتخاب فرم قوس برای یک کست بسیار متفاوت است و در بیشترین حد به ۰/۴۲۹ می‌رسد که مشابه با حالت مقایسه انتخاب اول نرم‌افزار و استاندارد طلایی است. قابل توجه است که در بعضی موارد ضریب کاپا به علت نامتقارن بودن جدول داده‌ها قابل محاسبه نبود.

جدول ۱- مقایسه انتخاب آرچ وایرها توسط استاندارد طلایی و نرم‌افزار در انتخاب اول در فک بالا

استاندارد طلایی / انتخاب اول نرم افزار	Astar	American ortho. form I	American ortho. form II	Ortho Technology True Flex	G & H True Form	جمع
Astar	۳	۴	۱	۲	۰	۱۰
American Ortho. Form I	۱۰	۲۵	۰	۰	۰	۳۵
American Ortho. form II	۰	۰	۱	۰	۰	۱
True Flex Orthotechnology	۰	۰	۰	۱	۰	۱
G&H True Form I	۰	۰	۰	۱	۰	۱
جمع	۱۳	۲۹	۲	۴	۰	۴۸

جدول ۲- مقایسه انتخاب آرچ وایرها توسط استاندارد طلایی و نرم‌افزار در انتخاب اول در فک پایین

استاندارد طلایی / انتخاب اول نرم افزار	Astar	American Ortho. form I	American Ortho. form II	Ortho Technology True Flex	G & H True Form	جمع
Astar	۱۲	۰	۰	۲	۲	۱۶
American Ortho. Form I	۴	۱۰	۱	۰	۱	۱۶
American Ortho. form II	۱	۱	۱	۴	۰	۷
Ortho Technology True Flex	۰	۰	۰	۲	۰	۲
G&H True Form	۵	۰	۰	۰	۴	۹
جمع	۲۲	۱۱	۲	۸	۷	۵۰

جدول ۳- مقایسه انتخاب آرچ وایرها توسط استاندارد طلایی و نرم‌افزار در انتخاب اول یا دوم در فک بالا

استاندارد طلایی / انتخاب اول نرم افزار	Astar	American Ortho. form I	American Ortho. form II	Ortho Technology True Flex	G & H True Form	جمع
Astar	۱۳	۰	۰	۰	۰	۱۳
American Ortho. Form I	۰	۲۹	۱	۲	۰	۳۲
American Ortho. form II	۰	۰	۱	۰	۰	۱
Ortho Technology True Flex	۰	۰	۰	۲	۰	۲
G&H True Form	۰	۰	۰	۰	۰	۰
جمع	۱۳	۲۹	۲	۴	۰	۴۸

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- مقایسه انتخاب آرچ وایرها توسط استاندارد طلایی و نرم افزار در انتخاب اول یا دوم در فک پایین

استاندارد طلایی انتخاب اول نرم افزار	Astar	American Ortho. form I	American Ortho. form II	Ortho Technology True Flex	G & H True Form	جمع
Astar	۲۱	۰	۰	۰	۰	۲۱
American Ortho. Form I	۰	۱۰	۰	۱	۰	۱۱
American Ortho. form II	۱	۱	۲	۰	۰	۴
Ortho Technology True Flex	۰	۰	۰	۷	۰	۷
G&H True Form	۰	۰	۰	۰	۷	۷
جمع	۲۲	۱۱	۲	۸	۷	۵۰

جدول ۵- مقادیر ضریب توافق کاپا بین کلینیسین‌های مختلف مورد استفاده به عنوان استاندارد طلایی

	Gold 1	Gold 2	Gold 3	Gold 4	Gold 5	Gold 6	Gold 7
Gold 1							
Gold 2	۰/۱۸۲						
Gold 3	*	۰/۳۷۱					
Gold 4	*	-۰/۰۷۴	*				
Gold 5	-۰/۱۱	-۰/۰۷۲	*	*			
Gold 6	*	*	*	۰/۴۲۹	*		
Gold 7	*	*	*	*	*	۰/۲۸۶	

بحث

با توجه به اتکای سیستم‌های کامپیوتری به اندازه‌گیری و دقت آن و اهمیت این موضوع در صحت نتایج نهایی عملکرد این سیستم‌ها، قبل از استفاده از آنها در فرآیند بالینی پایایی و روایی نتایج باید مورد بررسی قرار گیرند.

نرم‌افزار مورد استفاده در مطالعه حاضر، از اندازه‌گیری فواصل بین نقاط دو طرف قوس و مقایسه آن با مقادیر متناظر بر آرچ وایر جهت انتخاب مناسب‌ترین آرچ کمک می‌گیرد. متوسط خطا در اندازه‌گیری فواصل روی تصاویر اسکن شده با رزولوشن‌های برابر ۱۵۰ dpi، ۲۰۰ dpi، ۳۰۰ dpi، ۶۰۰ dpi از ۰/۰۵mm تا ۰/۱۲mm گزارش شد که کمترین آن در رزولوشن ۲۰۰ dpi و ۳۰۰ dpi و بیشترین آن در رزولوشن ۶۰۰ dpi بود. اغلب خطاها در اندازه‌گیری به صورت بزرگ‌نمایی بود. علیرغم معنادار بودن تفاوت اندازه‌گیری‌ها با استاندارد طلایی، این تفاوت از نظر بالینی معنادار نبود. چشم انسان قادر نیست مقادیر کمتر از ۰/۱×۰/۱ میلی‌متر مربع را تشخیص دهد(۱۹) و مطالعات انجام شده در خصوص اندازه‌گیری فواصل دندانی بر روی کست به کمک کولیس مقادیر خطا را در حد ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متر گزارش کرده‌اند(۲۰)، با توجه به این نتایج، دقت ذکر شده در مطالعه حاضر در صورتی که از رزولوشن ۲۰۰ dpi یا ۳۰۰ dpi استفاده شود، از لحاظ بالینی مطلوب است.

آزمون‌های آماری در جهت بررسی خطای Intra examination و Inter examination در اندازه‌گیری فواصل بر روی تصاویر با رزولوشن ۳۰۰ dpi نشان داد که مقدار خطای Intra observer در بیشترین حالت برابر با ۰/۱mm است که چنانچه گفته شد علیرغم معنی‌دار بودن آماری، از لحاظ بالینی قابل صرف نظر کردن می‌باشد. در حقیقت مطالعات قبلی نشان داده‌اند که خطای اندازه‌گیری به صورت Intra observer وقتی اندازه‌گیری ها به صورت دستی بر کست انجام شوند، ۰/۲mm است(۲۰).

در انتخاب نمونه‌های مورد بررسی با هدف انتخاب آرچ فرم مناسب، سعی گردید تا انواع مختلفی از اکلوژن‌ها مورد بررسی قرار گیرند. بدین صورت نمونه حاوی کست‌هایی با

www.SID.ir

Archive of SID

اکلوژن نرمال، مال‌اکلوژن‌های درمان شده با ارتودنسی و موارد مال‌اکلوژن به صورت کرادینگ‌های متوسط بود. بدین صورت، توانایی نرم‌افزار در تطابق منحنی در حالات مختلف که از نظر بالینی مفید است (و نه فقط در موارد اکلوژن ایده‌آل و بدون کرادینگ) مورد امتحان واقع شد. همچنین جهت بررسی و انتخاب بهترین آرچ وایر از پنج مارک تجاری استفاده گردید. علت محدود کردن تعداد آرچ‌ها به این تعداد، لزوم پایین نگاه داشتن حجم نمونه در حد قابل قبول و حفظ Internal validity مطالعه بود. در انتخاب آرچ‌ها دقت شد که از مارک‌های معمول و با مصرف بالا استفاده گردد.

در مطالعه حاضر از میان روش‌های مختلف موجود جهت بررسی قوس دندانی، از اسکن سطح اکلوزالی کست به وسیله دستگاه اسکنر رومیزی معمولی استفاده شد. روش‌های معمول دیگر مورد استفاده فتوکپی، فتوگرافی و اسکن لیزری هستند. استفاده از فتوکپی که در قدیم معمول بود، با توجه به انتشار یافته‌های اخیر (۱۲،۲۱) در خصوص عدم دقت کافی آن در تصویر کردن کست دندانی منسوخ شده است. اخیراً استفاده از فتوگرافی در مطالعات مربوط به تعیین فرم قوس مورد توجه قرار گرفته است(۲۳، ۲۲)، اما استفاده از آن نیازمند تجهیزات اضافی جهت استاندارد کردن روش است که شامل پایه و صفحات مخصوص کالیبراسیون می‌باشد. علیرغم دقت بالای دستگاه‌های اسکنر لیزری و پیشرفت‌های به عمل آمده در تکنولوژی آن (۲۵، ۲۴)، گرانی، حساس بودن به تکنیک و بزرگ بودن دستگاه موانع اصلی استفاده روزمره و در شرایط بالینی هستند. همچنین، این دستگاه‌ها اغلب اطلاعات بسیار بیشتری نسبت به آنچه برای ترسیم منحنی قوس لازم است فراهم می‌آورند. بنابراین، با توجه به هدف مطالعه حاضر که طراحی نرم‌افزار جهت استفاده معمول در شرایط بالینی بود، از دستگاه اسکنر رومیزی جهت به دست آوردن تصاویر استفاده شد. دستگاه‌های اسکنر امروزه اغلب در مطب‌های ارتودنسی مورد استفاده هستند و ضمن سادگی کار، پایین بودن هزینه و سرعت بالا، از دقت خوبی برخوردار هستند. در چندین مطالعه اخیر از تصاویر اسکن شده کست در مطالعه استفاده شده است(۲۷، ۲۶) و با استفاده از فرمول‌های موجود، به حداقل رساندن مشکلات بزرگ‌نمایی با این دستگاه‌ها میسر است.

در مطالعه حاضر از فرمول ارائه شده توسط Noroozi و همکاران (۲۰۰۱) (۱۸) در ترسیم منحنی قوس دندانی با استفاده از نقاط رفرنس استفاده شده است. از مهمترین مزیت‌های این فرمول چندجمله‌ای درجه شش می‌توان به چند پارامتری بودن آن (که امکان تطابق با اغلب اشکال قوس با عرض و عمق بین کانینی و بین مولری متفاوت را داراست) و این مسأله که ضرایب فرمول با توجه به نمونه ایرانی به دست آمده‌اند، اشاره کرد. مزیت مهمی که توابع چندجمله‌ای نسبت به سایر فرمول‌های پیشنهاد شده برای قوس دندانی دارند، آن است که فرم‌های قوس دندانی با اشکال متفاوت هندسی به وسیله این توابع قابل نمایش هستند، بدین ترتیب استفاده از یک تابع درجه شش چند جمله‌ای در ترسیم منحنی بدین معنا نیست که تنها یک شکل از منحنی‌ها توسط آن قابل ترسیم هستند. نکته دیگر آن است که با تغییر ضرایب تطابق، تغییر نقاط رفرنس در ترسیم منحنی از راس کاسپ به نقاط باکالی و یا تماس مزیالی-دیستالی دندان امکان‌پذیر است(۲۸).

استاندارد طلایی مورد استفاده در مقایسه نتایج نرم‌افزار در مطالعه حاضر به صورت نظر اجماعی هفت کلینیسین مجرب متخصص ارتودنسی بود. استفاده از نظر کارشناسی متخصصان به عنوان استاندارد رویه پذیرفته شده‌ای در متون علمی به شمار می‌آید. با این وجود، یافته‌های آماری در این مطالعه نشان دادند که ضریب توافق بالایی بین نظر متخصصان ارتودنسی در انتخاب یک فرم قوس مطلوب جهت یک کست دندانی واحد وجود ندارد. توجه به این نکته لازم است که دیدگاه‌های متفاوتی در خصوص انتخاب فرم قوس در بین متخصصان با مکاتب فکری مختلف وجود دارد که از آن می‌توان به ارجح دانستن شکل قوس، ارجح دانستن اندازه قوس و نیز اهمیت دادن به حفظ ابعاد اولیه قوس در مقابل تغییر آن و نیز قائل شدن به رفرنس‌های متفاوت (راس کاسپ در مقابل سطح باکالی) در انتخاب فرم قوس اشاره کرد. همچنین، اغلب مارک تجاری سیم ارتودنسی نیز در انتخاب موثر است که در تحقیق حاضر با Blind کردن محققان از این سوگیری جلوگیری شد. ضریب توافق (کاپا) بین نظر متخصصان در انتخاب فرم مناسب قوس در بیشترین حالت ۰/۴۳ بود که ضریب توافق مطلوبی نمی‌باشد. به نظر می‌آید که راه حل مناسب‌تر جهت تدوین استاندارد طلایی جهت مقایسه با نرم‌افزارهایی که صرفاً به عنوان یک ابزار محاسباتی عمل می‌کنند، آن باشد که نتایج ارزیابی متخصص بدون استفاده از نرم‌افزار به عنوان استاندارد طلایی و با استفاده از نرم‌افزار به عنوان متغیر آزمون در

www.SID.ir

Archive of SID

نظر گرفته شود. در این صورت دیدگاه‌های یکسانی در انتخاب بهترین گزینه در هر دو حالت وجود خواهد داشت.

بررسی ضریب توافق در انتخاب آرچ وایر توسط استاندارد طلایی و نرم‌افزار (وقتی که اولین انتخاب نرم‌افزار لحاظ گردید) نشان داد که در ۶۲/۵٪ کست‌های فک بالا و ۵۸٪ کست‌های فک پایین آرچ وایر مشابهی انتخاب شده بود. هرچند ضریب توافق کاپا در این حالت کمتر از حد مطلوب توافق بود (Kappa=۰/۴۴). در توضیح توجه به این نکته ضروری است که نرم‌افزار تنها به عنوان ابزاری در جهت انتخاب بهترین مورد عمل می‌کند و به خودی خود نقشی در تعیین نقاط رفرنس ترسیم منحنی ندارد. با توجه به محدودیت‌های ذکر شده، در بررسی ضریب توافق از انتخاب‌های اول یا دوم نرم‌افزار در مقایسه با استاندارد طلایی استفاده شد (قابل ذکر است که نرم‌افزار در مورد هر نمونه کست همه آرچ وایرهای موجود در بانک اطلاعاتی خود را از لحاظ انطباق با آن مقایسه و پس از اولویت‌بندی اعلام می‌کند). در این حالت، نتایج از نظر بالینی قابل توجه هستند. در ۹۴٪ موارد (اعم از کست بالا، کست پایین و مجموع) انتخاب استاندارد طلایی با انتخاب اول یا دوم نرم‌افزار یکسان بود و ضریب کاپا برای فک بالا ۰/۸۸، برای فک پایین ۰/۹۱۷ و در مجموع ۰/۹۱ محاسبه شد که از نظر بالینی مهم است.

محاسبات کامپیوتری در مقابل انسان از دو مزیت دقت بالاتر و سرعت بیشتر برخوردار هستند. برای مثال با افزایش تعداد آرچ وایرهای مورد بررسی از ۵ عدد به ۲۰ عدد، انتخاب آنها به صورت ترتیبی براساس بهترین تطابق در مورد هر قوس دندانی، عملاً توسط انسان غیرممکن باشد و یا حداقل نیازمند زمان طولانی خواهد بود. حال آنکه نرم‌افزار با استفاده از الگوریتم‌های موجود این کار را در کسری از ثانیه انجام می‌دهد. برتری محاسباتی کامپیوتر در مقابل انسان می‌تواند در نرم‌افزار مورد استفاده به بهترین شکل مورد استفاده قرار گیرد.

از امتیازهای دیگر نرم‌افزار حاضر قابلیت‌های متعددی است که در آن قرار داده شده تا حسب نظر اپراتور انعطاف‌پذیری بیشتری در تعیین و انتخاب آرچ وایر داشته باشد. نرم‌افزار را می‌توان به گونه‌ای تنظیم کرد که به تطابق منحنی آرچ در قسمت قدام اهمیت بیشتری بدهد (و یا برعکس) و یا آنکه تطابق نقاط را در همه قسمت‌ها به صورت یکسان ارزش‌گذاری نماید. همچنین، اپراتور می‌تواند نقاط رفرنس ترسیم منحنی قوس را بر حسب دیدگاه شخصی خود انتخاب کرده، بر اساس آن آرچ مورد نظر تعیین گردد.

در خصوص استفاده از نقاط واقع بر سطوح باکالی دندان‌ها که در برخی از موارد از نمای اکلوزالی قابل رویت نمی‌باشند، نرم‌افزار امکاناتی در اختیار کلینیسین قرار می‌دهد. امکان استفاده از راهنماهایی چون ضخامت‌های متوسط دندان (از مطالعه اندرو)، ضخامت‌های اندازه‌گیری شده به صورت دستی با کولیس و مختصات به دست آمده از اسکنر لیزری (درصورت در دسترس بودن) وجود دارد. تجربه محققین در استفاده از نرم‌افزار نشان می‌دهد که اسکنر لیزری در تعیین دقیق‌تر نقاط رفرنس در مواردی که دندان‌ها به صورت اولیه مشخصاً به سمت باکال (لیبیال) تمایل محوری داشته باشند، بهتر عمل می‌نماید. در دندان‌هایی که به صورت Upright قرار دارند و یا دارای تمایل محوری به سمت لینگوال (پالاتال) باشند، تعیین نقاط باکالی اغلب به صورت مستقیم بر روی تصویر ممکن است. استفاده از مقادیر متوسط ضخامت دندان به عنوان راهنما در این حالت نتیجه مطلوبی دارد.

ایده استفاده از سیستم‌های کامپیوتری در آنالیز کست‌های دندانی ایده جدیدی نیست. از زمانی که نخستین بار Currier (۱۹۶۹) (۳۰) این روش را مورد استفاده قرار داد. تا امروز و در عصر نرم‌افزارهای شبیه‌ساز کست دندانی همچون OrthoCAD™ و Geodigm™ پیشرفت زیادی در این عرصه رخ داده است. با وجودی که استفاده از کامپیوتر در ترسیم منحنی قوس دندانی از دیرباز مورد استفاده بود، تلاش‌های بسیار کمی در جهت استفاده از تکنولوژی مشابه جهت بررسی انطباق آرچ‌وایرهای پره‌فرم با قوس‌های دندانی درمان نشده و دارای درجات مال‌اکلوژن انجام پذیرفته است. چنین راهکاری چنانچه به صورتی طراحی گردد که در شرایط بالینی مورد استفاده باشد، می‌تواند نقش مهمی در بهبود و تسهیل درمان بیماران داشته باشد، اینکه هدف نهایی انتخاب یا ساخت آرچ وایر متناسب با فرم قوس اولیه بیمار، به دست آوردن حداکثر ثبات و زیبایی نتایج و جلوگیری از حرکات اضافی رفت و برگشت دندان‌ها (round tripping) می‌باشد، چیزی که در متون علمی ارتودنسی بارها بر آن تاکید شده است.

نتیجه گیری

در مطالعه حـــاضر، نرم‌افزار NAMS Cast Analyzer جهت

www.SID.ir

Archive of SID

انتخاب آرچ وایرهای ارتودنسی پره‌فرم متناسب با شکل قوس دندانی بیماران طراحی و معرفی شده است. استفاده از این نرم‌افزار دقت ارتودنتیست را در تعیین فرم سیم اختصاصی هر بیمار با دقتی در حدود ۰/۱ میلی‌متر خطا فراهم می‌آورد. یکی از مزایای این نرم‌افزار، قابلیت به کارگیری و نصب ساده آن روی انواع کامپیوترها و استفاده از اسکنرهای معمول می‌باشد.

یکی از نکات مهم در تعیین فرم قوس، لندمارک‌های مورد استفاده هستند. نرم‌افزار ارائه شده، ارتودنتیست را قادر می‌سازد تا فرم قوس دندانی در هر بیمار را با توجه به نیازهای درمانی خاص او و دیدگاه فکری خود در انتخاب لندمارک‌های لازم تعیین نماید. بنابراین، با در نظر گرفتن انتخاب اول یا دوم نرم‌افزار به عنوان انتخاب معتبر، نشان داده شد که نرم‌افزار طراحی شده در اغلب موارد انتخابی مشابه با استاندارد طلایی یا ارتودنتیست دارد و می‌تواند از لحاظ بالینی مورد استفاده قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

مقالهٔ حاضر منتج از پایان‌نامه دکترای تخصصی رزیدنت دکتر وحید مشکل‌گشا به راهنمایی خانم دکتر مهتاب نوری در دانشکدهٔ دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می‌باشد.

References

1. Mclaughlin RP, Bennett JC, Treisi HJ: Systemized orthodontic treatment mechanics. 1st Ed. St Louis: The C.V Mosby Co. 2001;Chap4;71-85.
2. Scoth JH: The shape of dental arches. J Dent Res 1957;36:996-1003.
3. Fujita K, Takada K, Qianrong G, Shibata T: Patterning of human dental arch wire blanks using a vector quantization algorithm. Angle Orthod 2002;72:285-294.
4. Artan J, Garal JD, Little RM: Long term stability of mandibular incisors following successful treatment of class II division 1 malocclusion. Angle Orthod 1996;66:229-238.
5. De la Cruz Ar, Sampson P, Little RM, Arthan J, Shapiro PA: Long term change in arch form after orthodontic treatment & retention. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1995;107:518-530.
6. Kusy RP: Orthodontic Biomaterials: From the Past to the Present. Angle Orthod 2002;72:501-512.
7. Braun S, Hnat W, Leschinski R, Legan H: An evaluation of the shape of some popular nickel titanium alloy preformed archwires. Am J Orthod Dentofacial Orthop1999;116:1-12.
8. Felton JM, Sinclair PM, Jones DL, Alexander RG: A computerized analysis of the shape and stability of mandibular arch form. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1987;92:478-483.
9. Burston CJ: Retention and stability in Orthodontics, 1st Ed. Philadelphia, WB Saunderes Co. 1993;Chap8:123-126.
10. Proffit WR: Contemporary orthodontics. 4th Ed. St Louis: The C.V Mosby Co. 2007;Chap11:427-428.
11. Garino F, Garino B: Comparison of dental arch measurements between stone and digital casts. World J Orthod 2002;Chap3:250-254.
12. Champagne M: Reliability of measurements from photocopies of study models. J Clin Orthod 1992;26:648–650.
13. Pepe SH: Polynomial and catenary curve fits to human dental arches. J Dent Res 1975;54:1124-1132.
14. McConal MA, Scher EA: Ideal form of the human dental arcade with some prosthetic appliance. J Dent Res 1949;69:285-302.
15. Sampson PD: Dental arch shape: a statistical analysis using conic sections. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1981;79:535-548.

www.SID.ir

Archive of SID

16. Beagle EA: Application of the cubic spline function in the description of dental arch form. J Dent Res 1980; 59:1549-1556.
17. Nouri M, Padisar P, Edalet A, Valipoor B: Evaluation of dental size and from changes in 12-16 years old normal occlusion Iranian adolescents (A 4 year longitudinal study, Qazvin city). J Dent School, Shahid Beheshti University of Medical Sciences 2004;210(special issue):781-795.
18. Noroozi H, Hossein T, Saeeda R: The dental arch form revisited. Angle Orthod 2001;71:386-389.
19. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S, Robert CT: Digital imaging of cephalometric radiographs.part2: Image quality. Angle Orthod 1996;66:43-50.
20. Zilberman O, Huggare JAV, Parikakis KA: Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. Angle Orthod 2003;73:301-306.
21. Schirmer UR, Wiltshire WA: Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;112:676–680.
22. Triviño T, Siqueira DF, Scanavinic MA: A new concept of mandibular dental arch forms with normal occlusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133:10.
23. AlHarbi S, Alkofide A, AlMadi A: Mathematical Analyses of Dental Arch Curvature in Normal Occlusion. Angle Orthod 2008;78:281-286.
24. Kuroda T, Motohashi N, Tominaga R, Iwata K: Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1996;110:365–369.
25. Sohmura T, Kojima T, Wakabayashi K, Takahashi J: Use of an ultrahigh-speed laser scanner for constructing three-dimensional shapes of dentition and occlusion. J Prosthet Dent 2000;84:345–352.
26. Wellens H: Applicability of mathematical curve-fitting procedures to late mixed dentition patients with crowding: A clinical-experimental evaluation. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131:160.
27. Parkinson CE, Buschang PH, Behrents RG, Throckmorton GS, English JD: A new method of evaluating posterior occlusion and its relation to posttreatment occlusal changes. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;120:503-512.
28. Noroozi H, Djavid GE, Moeinzad H, Teimouri AP: Prediction of arch perimeter changes due to orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122:601-607.
29. Currim S, Wadkor PV: Objective assessment of occlusal and coronal characteristics of untreated normals: A measurement study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004;125:582-588.
30. Currier JH: A computerized geometric analysis of human dental arch form, Am J Orthod Dentofacial Orthop 1969;56:169-174.

www.SID.ir