© 2010 CEO
Published by / Édité par Elsevier Masson SAS
All rights reserved / Tous droits réservés

Original article
Article original

Invisalign® treatment of patients with craniomandibular disorders

Traitement Invisalign® de patients atteints de troubles craniomandibulaires

Werner SCHUPP[a], Julia HAUBRICH[b], Iris NEUMANN[b]

[a] DCD, Visiting Professor, University of Ferrara, Private Practice, Hauptstr. 50, 50996 Cologne, Germany
[b] DCD, c/o Private Practice Dr Werner Schupp, Cologne, Germany

Summary

The temporomandibular joint is one of the most complex joint systems in the human body. Craniomandibular disorders (CMD) are a common condition in which symptoms and signs may vary within a single individual and from one person to another. As anatomic and functional aspects of the craniomandibular system (CMS) and the upper cervical spine are closely interconnected, CMD need a close interdisciplinary approach combining orthopedics, manual medicine, orthodontics and dentistry. Splints as a therapeutic treatment instrument in CMD patients are widely accepted. The association of splint therapy and the Invisalign® system not only provides comfortable and almost invisible treatment but also constitutes a powerful instrument for the orthodontic treatment of the CMD patient. To this end, precise knowledge of the temporomandibular joint, temporomandibular disorders and treatment using removable and fixed splints is indispensable.

© 2010 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Key-words

- Temporomandibular joint (TMJ).
- Craniomandibular system (CMS).
- Craniomandibular disorder (CMD).
- Invisalign®.

Résumé

L'articulation temporomandibulaire est l'un des systèmes articulaires les plus complexes du corps humain. Les troubles craniomandibulaires (TCM) représentent une pathologie fréquente dans laquelle les symptômes et les signes peuvent varier, y compris chez un même individu. Comme les caractéristiques anatomiques et fonctionnelles du système craniomandibulaires (SCM) sont étroitement liées, les TCM requièrent une approche multidisciplinaire associant étroitement l'orthopédie, la médecine manuelle, l'orthodontie et la dentisterie. Les gouttières utilisées comme outils de traitement chez les patients atteints de TCM sont largement admises. Un traitement combiné associant des gouttières et le système Invisalign® permet non seulement un traitement confortable et presque invisible mais constitue également un instrument très efficace pour le traitement orthodontique de patients atteints de TCM. À cette fin, une connaissance précise de l'articulation temporomandibulaire, des troubles temporomandibulaires et du traitement à base de gouttières fixes et amovibles s'avère indispensable.

© 2010 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots-clés

- Articulation temporomandibulaire (ATM).
- Système craniomandibulaire (SCM).
- Trouble craniomandulaire (TCM).
- Invisalign®.

* **Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.**
e-mail address / Adresse e-mail : schupp@schupp-ortho.de (Werner Schupp)

- Aligner.
- Removable and fixed splints.
- Interdisciplinary treatment.

- Aligneur.
- Gouttières fixes et amovibles.
- Traitement interdisciplinaire.

The temporomandibular joint (TMJ) is one of the most complex joint systems in the human body. The left and the right joint must function together coordinating jaw movements in six dimensions. Stress and bruxism can have a direct influence on occlusion and, resultingly, on the TMJ and the surrounding structures thus triggering significant and continuous pain. Patients suffer from headache, TMJ sounds, bruxism, difficulty in opening the mouth and pain in the jaw and face [1], which can lead to craniomandibular and craniovertebral dysfunction [2,3]. Orofacial pain has a major impact on the quality of life of individuals and disorders of the TMJ are therefore often associated with depression and other mental symptoms to differing degrees [4,5].

Disorders of the TMJ can be described in two different ways. As temporomandibular disorders (TMD), a collective term defining various clinical problems and symptoms involving the masticatory muscles, the TMJ and their surrounding structures [6]. More comprehensively, TMD can also be described as craniomandibular disorders (CMD) generated by physical disorders outside the joints that produced the CMD. They are common pathologies although symptoms and signs may vary within a single individual and from one person to another [7–9]. They are more prevalent among women than men [10,11].

The field of CMD is undergoing a major transformation as a result of research findings about pain in general, as well as specific advances within the field. As anatomic and functional aspects of the craniomandibular system (CMS) and the upper cervical spine are closely connected, close interdisciplinary teamwork between orthodontics and orthopedics specialists is an important factor in the treatment of patients with these pathologies [2,12].

Neurological connections of the CMS

The CMS is neuronally connected to the periphery. This is why we talk about the craniovertebral system (CVS). Neuronal plasticity describes the structural and functional adaptability of the neuronal cells and their environment. It can continue to prevail lifelong thanks to a learning process (training, practice, movement) whereas it decreases as a result of non-use and aging. The nerve ending areas of the primary afferences stemming from the craniocervical region spread into the cervical spine as well as into the brainstem. This results in multiple possible convergences between cervical segments

L'articulation temporomandibulaire (ATM) est l'un des systèmes articulaires les plus complexes du corps humain. Les articulations droite et gauche doivent fonctionner à l'unisson afin de coordonner le mouvement de la mandibule dans six directions de l'espace. Le stress et le bruxisme peuvent influer sur l'occlusion et, de ce fait, sur l'ATM et les structures voisines, provoquant ainsi des douleurs permanentes importantes. Les patients souffrent de céphalées, de bruits articulaires, de bruxisme, de douleurs faciales et de difficultés à ouvrir la bouche et la mâchoire [1], qui entraînent des dysfonctionnements craniomandibulaires et craniovertébraux [2,3]. La douleur orofaciale a un impact important sur la qualité de vie des individus et les troubles de l'ATM s'accompagnent ainsi souvent de dépression et d'autres symptômes mentaux à des degrés divers [4,5].

Les troubles de l'ATM peuvent être décrits de deux manières différentes. D'une part, en tant que troubles temporomandibulaires (TTM), terme collectif qui recouvre différents problèmes et symptômes cliniques engageant les muscles masticateurs, l'ATM et ses structures environnantes [6]. D'autre part, et de façon plus large, les TTM peuvent être décrits comme étant des troubles craniomandibulaires (TCM) issus de désordres physiques situés en dehors des articulations qui ont donné naissance aux TCM. Il s'agit là d'une pathologie fréquente. Cependant les symptômes et les signes peuvent varier d'un individu à un autre [7–9]. Ils se retrouvent plus souvent chez les femmes que les hommes [10,11].

Le domaine des TCM est en train de subir une transformation importante en raison des résultats de la recherche en matière de douleur de façon générale mais, aussi, à la suite de progrès plus spécifiques sur les douleurs orofaciales. Comme les aspects anatomiques et fonctionnels du système craniomandibulaire (SCM) et le rachis cervical supérieur sont étroitement liés, le travail en équipes multidisciplinaires associant orthodontistes et orthopédistes est un facteur important pour le traitement de patients porteurs de ces pathologies [2,12].

Les connections neurologiques du SCM

Le SCM est connecté par voie neuronale à la périphérie. Ainsi nous pouvons parler du système craniovertébral (SCV). La plasticité neuronale décrit l'adaptabilité structurale et fonctionnelle des cellules neuronales et de leur environnement. Elle peut continuer à prévaloir tout au long de la vie grâce au processus d'apprentissage (formation, entraînement, mouvement) mais diminue, au contraire, lors de sa non utilisation ou à la suite du vieillissement. Les zones de terminaisons nerveuses des afférences primaires émanant de la région craniocervicale se propagent vers le rachis cervical et le tronc

and the cranial nerve at the secondary neurons for local reflexes as well as at descending nerve tracts [13]. One characteristic symptom of cervical muscle afferences is their projection into the complex of the nuclei vestibularis (especially C2, C3). In this area, the afferences reach into the contralateral nucleus vestibularis lateralis over an interstation (nucleus cervicalis centralis), which is the starting point for the lateral vestibulospinal tract [14]. The afferent tracts of the cranial nerves (N. trigeminus, N. facialis, N. vagus, N. hypoglossus) have a very similar pattern of diffusion.

The region where the pain occurs is not necessarily where the painful stimulus originated. If one part of the segment (sclerotome, myotome, dermatome, viscerotome) is disturbed over a longer period, the dysfunction disperses first in the segment itself, then over the segments along to cranial and caudal, as well as over the muscular, fascial and articulation chains giving rise even to disturbances of stereotypes. This spread takes place quite quickly, sometimes in as little as two days. In manual medicine we can almost always observe such functional associated symptoms [15]. Often a "primary lesion" can no longer be identified. The disturbances sustain each other reciprocally. Treatment in the region of the cranial or upper cervical nerves can reduce muscle tension in the periphery and thus correct asymmetries [16].

Treatment of CMD patients using the Invisalign® technique

For many years, "occlusion" was addressed in purely in statistical terms. Today, it is important for orthodontists to take into account the "dynamic occlusion", which is the occlusion as it interacts with the surrounding functional structures. The "dynamic occlusion" includes:
— the physiological centric condyle position in neuromuscular balance;
— long centric according to Ramfjord/Ash [17];
— sequential laterotrusion with canine dominance;
— protection of the molars by the anterior teeth depending on the vertical dimension;
— balanced bilateral posterior contacts to minimize the intensity of the forces in the mandibular joint.
The aim of the centric occlusal relation is to achieve lasting, stable intercuspation with deep interdigitation of the posterior teeth, as well as protection of the anterior teeth and the TMJ due to the posterior teeth being positioned in a balanced and therefore stable neuromuscular position. To this end, it is essential to achieve a maxillomandibular relationship in the physiological condyle position corresponding to the centric bite registration.

cérébral. Il en résulte de nombreuses possibilités de convergence entre les segments cervicaux et les nerfs crâniens au niveau des neurones secondaires en ce qui concerne les réflexes localisés, aussi bien qu'au niveau des tractus nerveux descendants [13]. Un symptôme caractéristique des afférences issues des muscles cervicaux est leur projection dans le complexe des noyaux vestibulaires (surtout C2, C3). Dans cette zone, les afférences se prolongent vers le noyau vestibulaire latéral controlatéral au-dessus d'une interstation (noyau cervical central), qui est le point de départ du tractus vestibulospinal latéral [14]. Les tractus afférents des nerfs crâniens (n. trijumeau, n. facial, n. pneumogastrique, n. hypoglosse) ont un schéma de diffusion très similaire.
La région où se produit la douleur n'est pas nécessairement la même que celle où le stimulus douloureux a trouvé son origine. Si une partie du segment (sclérotome, myotome, dermatome, viscérotome) est perturbée pendant une plus longue période, la dysfonction se disperse d'abord dans le segment lui-même, ensuite dans les autres segments entraînant même des perturbations des stéréotypes. Cette extension se produit assez rapidement. Souvent, deux jours suffisent largement. Dans la médecine manuelle, nous pouvons presque toujours observer de tels symptômes fonctionnels associés [15]. Fréquemment, il n'est plus possible d'identifier une « lésion primaire ». Les perturbations s'entretiennent mutuellement. Un traitement visant la région des nerfs crâniens et des nerfs cervicaux supérieurs est susceptible de réduire la tension musculaire dans la périphérie et, de cette manière, corriger les asymétries [16].

Traitement des patients TCM avec la technique Invisalign®

Pendant de longues années, l'occlusion a été abordée de façon purement statique. De nos jours, il est important que l'orthodontiste tienne compte de l'occlusion dynamique, à savoir, l'occlusion telle qu'elle interagit avec les structures fonctionnelles environnantes. L'occlusion dynamique comprend :
— la position physiologique centrée du condyle en équilibre neuromusculaire ;
— le « long centric » selon Ramfjord/Ash [17] ;
— les mouvements de latéralité sous protection canine ;
— la protection des molaires par les dents antérieures en accord avec la dimension verticale ;
— les contacts postérieurs bilatéraux équilibrés pour minimiser l'intensité des forces au niveau des ATM.
L'objectif de la relation occlusale centrée est de permettre une intercuspidation stable et définitive grâce à un engrènement profond des dents postérieures ainsi que de protéger les dents antérieures et l'ATM grâce à une position neuromusculaire équilibrée. Pour cela, il est d'abord essentiel d'obtenir une relation maxillomandibulaire avec le condyle en position physiologique, correspondant à une occlusion centrée.

Ideas related to the centric point are generally limited to healthy mandibular joints and anterior/canine guidance. To avoid such limitations, we now think in terms of "dynamic occlusion", which allows a great deal of freedom for dynamic movements of the mandible. Exact adjustment of the physiological occlusion serves to minimize risk factors in cases involving parafunctions.

For the planning and organization of the dynamic occlusion concept, it is essential to obtain the exact setting on the plaster models. The setting is made along the axio-orbital plane which is indispensable in order to achieve identical tooth position on the articulator and in the mouth, in reference to the cranium. Although the etiology remains unclear in many cases [7,8,18–20], greater uni- or bilateral loss of posterior occlusal support has been associated with a lower position of the two condyles [21,22]. Until now, orthodontists seeking to gain posterior vertical support have often used a combination of splints, fixed appliances and intermaxillary elastics to extrude molars and premolars into a new vertical position [23,24].

Since its introduction in 1999, the Invisalign® technique using removable clear aligners has been widely adopted in orthodontic treatments. The series of clear, removable aligners ensure a high level of patient comfort combined with esthetics and easy oral hygiene. Consequently, there are fewer drawbacks compared to conventional fixed appliances [25] e.g. fewer side effects such as white spot lesions, bracket-induced enamel abrasion, enamel lesions occurring during debonding and periodontal risks resulting from inadequate hygiene. So far, only one case of measurable root resorption during Invisalign® treatment has been demonstrated [26]. In this instance, the patient, as a child, had experienced dental trauma to the central incisors. We know that traumatized teeth can exhibit root resorption even in the absence of orthodontic treatment [27] while orthodontically moved traumatized teeth with previous root resorption are more subject to further loss of root material [28].

In our office, in over 1000 patients treated with Invisalign®, no case of measurable root resorption has been observed while the literature shows that an average of 10% of patients treated with fixed appliances display significant root resorption [29–31]. Formerly, Invisalign® was described as a successful tool for treating mild to moderate crowding, for closing naturally occurring spaces and to correct tipping [32–35]. After years of experience with the system, more complex cases such as extraction treatment, open bites and class IIs have also been described [36–38].

Les concepts relatifs à la relation centrée se limitent habituellement aux articulations mandibulaires saines et au guidage incisivo-canin. Pour éviter ces limitations, nous nous servons désormais de « concepts d'occlusion dynamiques » qui offrent beaucoup de liberté pour les mouvements mandibulaires. L'ajustement précis de l'occlusion physiologique minimise les facteurs de risque en présence de parafonctions.

Afin de planifier et organiser le concept d'occlusion dynamique, il est essentiel d'ajuster avec précision les modèles en plâtre. L'ajustement se fait selon le plan axio-orbitaire commun au crâne et à l'articulateur afin d'obtenir une position des dents identiques sur l'articulateur et dans la bouche.

Dans beaucoup de cas, l'étiologie reste incertaine [7,8,18–21]. Néanmoins, une perte uni- et bilatérale plus importante du soutien occlusal postérieur est associée à une diminution des hauteurs de positionnement des deux condyles [21,22]. Jusqu'à présent, pour obtenir un soutien vertical postérieur, les orthodontistes ont souvent utilisé une combinaison de gouttières et d'appareils fixes associés à des élastiques intermaxillaires afin d'égresser les molaires et les prémolaires pour augmenter le calage postérieur (tampon occlusal) [23,24].

Depuis son introduction en 1999, la technique Invisalign® utilisant des aligneurs transparents amovibles a été largement adoptée en orthodontie. Les séries d'aligneurs transparents amovibles garantissent un maximum de confort pour le patient associé à une esthétique excellente et une hygiène endobuccale facile. Elles comportent, par conséquent, peu d'inconvénients par rapport aux appareils fixes conventionnels [25]. Par exemple, on rencontre moins d'effets secondaires tels que les leucômes précarieux, moins d'abrasion causée par les brackets, moins de lésions lors de la dépose et moins de risques paradontaux résultant d'une hygiène inadéquate. Jusqu'à ce jour, un seul cas de résorption radiculaire mesurable a été observé avec la technique Invisalign®[26]. Dans ce cas, le patient avait subi, enfant, un traumatisme dentaire au niveau des incisives centrales. Il est bien connu que les dents traumatisées peuvent être soumises à une résorption radiculaire même en l'absence de tout traitement orthodontique [27]. Par ailleurs, des dents traumatisées ayant déjà subi une résorption des racines sont plus sensibles, lors du déplacement orthodontique, à de nouvelles résorptions radiculaires [28].

Dans notre cabinet, sur plus de 1000 patients traités avec Invisalign®, nous n'avons constaté aucun cas de résorption radiculaire mesurable alors que la littérature rapporte, en moyenne, des résorptions radiculaires significatives chez 10 % de patients traités avec des appareils fixes [29–31]. Initialement, la technique Invisalign® a été considérée comme un outil efficace pour le traitement d'encombrements peu à modérément sévères, pour la fermeture d'espaces naturellement ouverts comme pour les cas de version dentaire [32–35]. Après des années d'expérience avec le système, des cas plus complexes comprenant des extractions, des béances et des cas de Classe II ont également été décrits [36–38].

In our office, the procedure combining fixed splints and Invisalign® is planned as follows: Invisalign® treatment in combination with fixed splints in patients with CMD.

Perform individual examination and diagnosis.
Treatment of CMD with a craniomandibular orthopedic positioning appliance using:
— COPA: removable *(fig. 1)*;
— COPA Onlays: bonded on lower canines, premolars and molars (or lower premolars and molars) *(fig. 2)*.

When treatment of the craniomandibular dysfunction with COPA or COPA Onlays is complete, start orthodontic diagnosis with mounted plaster models in the new and corrected TMJ position, X-rays, extra- and intraoral views.

In this case, if Invisalign® treatment is desired, the following procedure can be used.

General Invisalign® planning overview

Online treatment planning with midcourse correction

Phase 1: initial online treatment plan:
— correct malocclusion 15 to 25 and 35 to 45 (FDI);
— do not move upper and lower molars as they are fixed by the COPA Onlays which maintain the lower jaw position;

— where needed, premolar extrusion;
— plan attachments on every tooth where extrusion is needed in addition to other attachments;

— other tooth movements can be performed, simultaneously where required.

Dans notre cabinet, la procédure associant Invisalign® à des gouttières fixes se déroule de la manière suivante. Traitement Invisalign® en association avec des gouttières fixes chez des patients atteints de TCM.
Examen et diagnostic personnalisés.
Traitement des TCM avec un appareil de positionnement orthopédique craniomandibulaire (APOC) utilisant :
— un APOC amovible *(fig. 1)* ;
— des APOC Onlays : collés sur les canines, prémolaires et molaires mandibulaires (ou sur les prémolaires et molaires mandibulaires) *(fig. 2)*.
Une fois terminé le traitement de la dysfonction craniomandibulaire avec l'APOC ou les APOC Onlays, commence le diagnostic orthodontique à l'aide de modèles en plâtre montés dans la nouvelle position corrigée des ATM, de radiographies et de photos extra- et intra-orales.
Dans un tel cas, si un traitement Invisalign® est souhaité, la procédure décrite ci-dessous peut être utilisée.

Vue d'ensemble du planning général Invisalign®

Plan de traitement en ligne avec correction en cours de traitement

Phase 1 : plan de traitement en ligne initial :
— corriger la malocclusion de 15 à 25 et de 35 à 45 (FDI) ;
— ne pas déplacer les molaires supérieures et inférieures puisqu'elles sont fixées avec des APOC Onlays pour maintenir la position de la mandibule ;
— le cas échéant, égresser les prémolaires ;
— prévoir des attachements sur toutes les dents que l'on souhaite égresser en plus des autres attaches dont nous avons besoin ;
— d'autres déplacements dentaires sont possibles, y compris simultanément.

Fig. 1: a: removable splint; **b:** making of fixed splints from a lower arch removable splint; **c:** fixed splints bonded on lower molars.
Fig. 1 : a : gouttière amovible ; **b :** fabrication de gouttières fixes à partir d'une gouttière amovible pour l'arcade inférieure ; **c :** gouttières fixes collées sur les molaires inférieures.

Fig. 2: a: wax up of individually produced fixed splints on lower premolars and molars; **b:** splints after compression moulding; **c:** placement and bonding of individually produced fixed splints on lower premolars and molars.
Fig. 2 : a : *wax up* de gouttières fixes individualisées sur les prémolaires et molaires inférieures ; **b :** gouttières en résine moulée ; **c :** placement et collage de gouttières fixes individualisées sur les prémolaires et molaires inférieures.

Phase 2: midcourse correction when premolars are in full contact:
— plan to remove COPA Onlays on the molars;
— correct malocclusion of the molars by molar extrusion, where required;
— plan attachments on molars for extrusion, in addition to any other attachments required;
— further tooth movement can also be performed during Phase 2.

Treatment steps

Phase 1: if treatment of CMD was done using COPA Onlays (fixed splint).
Remove COPA Onlays from lower canines, premolars and the mesial part of first molar so that upper second premolars can extrude to full contact with lower second premolars and mesial cusp of the lower first molars.

IPR if needed.
Alginate impression to produce splint (0.75 Imprelon S®/Scheu) in the lower for retention until Aligner 1 is inserted in the upper. Also if IPR is done pre–PVS.

PVS impression and other records: X-rays, views, and Prescription and Diagnosis form to be sent to Align.

Place Imprelon S® splint for retention. Instruct patient to wear it at night only.
ClinCheck evaluation:
— are upper and lower mountings correct? Is there full contact between upper molars and the COPA Onlays?

— ensure that molars have not moved and that there is contact on the premolars at the end of phase 1. This is essential;

Phase 2 : correction en cours de traitement lorsque les prémolaires sont en intercuspidation :
— prévoir la dépose des APOC Onlays sur les molaires ;
— corriger la malocclusion au niveau des molaires par d'éventuelles égressions molaires ;
— prévoir des attaches pour égresser les molaires en plus des autres attaches requises ;
— d'autres déplacements dentaires sont possibles également en phase 2.

Étapes du traitement

Phase 1 : si les TCM ont été traités avec des APOC Onlays (gouttière fixe).
Déposer les APOC Onlays sur les canines et les prémolaires inférieures et sur la partie mésiale des premières molaires pour que l'égression des deuxièmes prémolaires supérieures leur permette de venir en intercuspidation maximum avec les deuxièmes prémolaires inférieures et avec la cuspide mésiale des premières molaires inférieures.
Réduction amélo-proximale, le cas échéant.
Réaliser une empreinte à l'alginate pour fabriquer la gouttière (0,75 Imprelon S®/Scheu) à la mandibule pour assurer la contention jusqu'à ce que l'aligneur soit inséré, au maxillaire aussi si la réduction amélo-proximale est réalisée pré-PVS.
L'empreinte PVS et les autres documents (radiographies, vues intra-buccales, et rapport de prescription et de diagnostic) sont expédiés chez Align.
Insérer la gouttière Imprelon S® pour assurer la contention. Informer le patient qu'elle peut être portée seulement la nuit.
Évaluation ClinCheck :
— les montages supérieurs et inférieurs sont-ils corrects ? Y a-t-il une intercuspidation maximum entre les molaires supérieures et les APOC Onlays ?
— vérifier que les molaires ne sont pas déplacées et que le contact se fait bien au niveau des prémolaires à la fin de la phase 1. Cette étape est essentielle ;

— check all other tooth movements.
Phase 1: if treatment of CMD was done with COPA (removable splint).
Bond COPA Onlays on molars as far as distal segment of first molars so that the upper second premolars can extrude to full contact with lower second premolars and the mesial cusp of the lower first molars:

— you can make the COPA Onlays from the previously used COPA by cutting out COPA from the distal cusp of the lower first molar to the second or third molar and bond COPA Onlays or;
— produce new COPA Onlays in the correct TMJ position and bond COPA Onlays from the distal cusp of the lower first molar to the second or third molar.

For bonding use a thin flowing bonding material (for instance: Maximum Cure™ unfilled/Reliance).
IPR if needed.
Take alginate impression to produce mandibular retention splint (0.75 Imprelon S®/Scheu) until Aligner 1 is in place, for the upper too if IPR is done pre–PVS.

Send PVS impression and other records: X-rays, views, and Prescription and Diagnosis form to Align.

Place Imprelon S® retention splint. Instruct patient to wear it at night only.
ClinCheck evaluation:
— are upper and lower mountings correct? Is there full contact between upper molars and the COPA Onlays?

— ensure that molars have not moved, but full contact between the premolars is essential at the end of phase 1;

— check all other tooth movements.
Phase 2: midcourse correction submission.
Upper and lower premolars are in full contact to maintain lower jaw position; incisors and canines are in the forecast position:
Debond COPA Onlays.
IPR if needed.
Take alginate impression to make mandibular retention splint (0.75 Imprelon S®/Scheu).
Send PVS impression and other records: X-rays, views, midcourse correction to Align.

Place Imprelon S® mandibular retention splint. Instruct patient to wear it together with the last maxillary aligner 2 hours per day and at night.
midcourse correction ClinCheck evaluation:
— are upper and lower mountings correct? Are all premolars in full contact?
— ensure that molars are in full contact at the end of treatment;

— contrôler tous les autres déplacements dentaires.
Phase 1 : si les TCM ont été traités avec APOC (gouttière amovible).
Coller les APOC Onlays sur les molaires jusqu'à la partie distale des premières molaires pour que les deuxièmes prémolaires maxillaires puissent égresser suffisamment pour s'engrener avec les deuxièmes prémolaires mandibulaires et la cuspide mésiale des premières molaires inférieures :
— il est possible de fabriquer les APOC Onlays à partir des APOC déjà utilisés en les découpant de la cuspide distale de la première molaire inférieure jusqu'à la deuxième ou troisème molaire et en collant les APOC Onlays ou ;
— construire de nouveaux APOC Onlays dans la bonne position de l'ATM et collez les APOC Onlays à partir de la cuspide distale de la première molaire inférieure jusqu'à la deuxième ou troisième molaire.
Pour le collage, utilisez un matériau de collage fluide (ex. Maximum Cure™ unfilled/Reliance.
Réduction amélo-proximale, si nécessaire.
Empreinte à l'alginate pour la fabrication d'une gouttière de contention (0,75 mm Imprelon S®/Scheu) à l'arcade inférieure jusqu'à ce que l'aligneur 1 soit inséré en place ; de même à l'arcade supérieure si la réduction amélo-proximale est réalisée pré-PVS.
Envoyer l'empreinte PVS et les autres documents (radiographies, vues intra-buccales, formulaire de prescription et diagnostic) chez Align.
Placer la gouttière de contention Imprelon S®. Informer le patient qu'elle doit être portée la nuit seulement.
Évaluation du ClinCheck :
— les montages supérieurs et inférieurs sont-ils corrects ? Y a-t-il une intercuspidation maximum entre les molaires supérieures et les APOC Onlays ?
— ne pas oublier que les molaires ne sont pas déplacées. Néanmoins, un engrènement maximum est nécessaire sur les prémolaires en fin de phase 1 ;
— vérifier tous les autres mouvements dentaires.
Phase 2 : soumission-correction en cours de traitement.
Les prémolaires supérieures et inférieures sont en contact maximum afin de maintenir la position de la mandibule : les incisives et les canines se trouvent dans la position prévue.
Décoller les APOC Onlays.
Réduction amélo-proximale, si nécessaire.
Empreinte en alginate afin de fabriquer la gouttière de contention inférieure (0,75 mm Imprelon S®/Scheu).
Envoyer l'empreinte PVS et les autres documents (radiographies, vues intra-buccales, correction en cours de traitement) chez Align.
Placer la gouttière de contention Imprelon S® à l'arcade inférieure. Informer le patient de la porter en même temps que le dernier aligneur pendant deux heures par jour et la nuit.
Évaluation du ClinCheck en cours de traitement :
— vérifier les montages supérieurs et inférieurs. Les prémolaires sont-elles toutes en intercuspidation maximum ?
— vérifier que les molaires sont en intercuspidation maximum en fin de traitement ;

— check all other tooth movements.
Phase 3: refinement if needed.

COPA and COPA Onlays

Treatment of CMD requires a close interdisciplinary orthopedic approach associating manual medicine, orthodontics and dentistry. Splints used as a therapeutic instrument have been widely adopted [39–44]. We use removable splints (COPA) *(fig. 1a)* as well as fixed splints (COPA Onlays), which can be made directly from the removable splint *(fig. 1)* or by doing a wax up on a plaster model *(fig. 2)*.

— vérifier tous les autres mouvements dentaires.
Phase 3 : finitions, si nécessaire.

APOC et APOC Onlays

Le traitement des TCM exige une étroite coopération orthopédique interdisciplinaire associant la médecine manuelle, l'orthodontie et la dentisterie [39–44]. Dans notre cabinet, nous utilisons des gouttières amovibles (APOC) *(fig. 1)* aussi bien que des gouttières fixes (APOC Onlays) qui peuvent être façonnées directement à partir de la gouttière amovible ou en réalisant un « wax-up » sur un modèle en plâtre *(fig. 2)*.

Fig. 3: Extra- and intraoral findings in a 15-year-old female patient in habitual centric position.
Fig. 3 : Résultats extra- et intra-oraux chez une patiente de 15 ans en occlusion centrée habituelle.

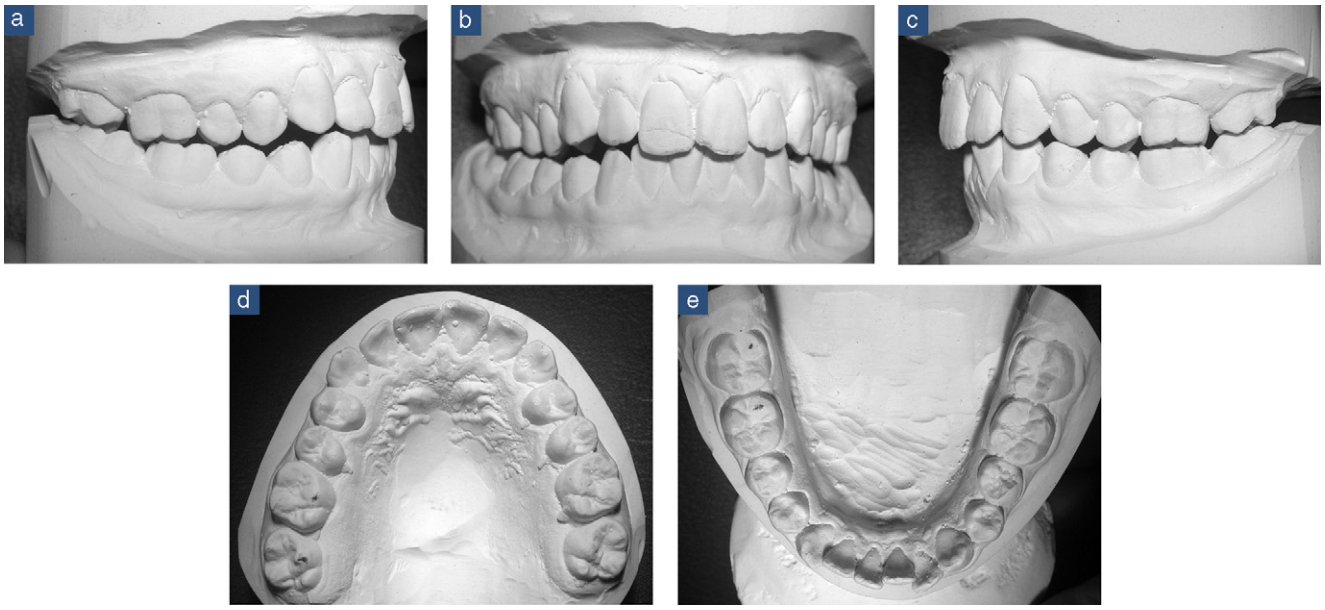

Fig. 4: Plaster models held in habitual centric position.
Fig. 4 : Modèles en plâtre en occlusion centrée habituelle.

Clinical case

A 15-year-old female patient consulted at our office after previous treatment with a removable appliance (Activator). The patient was suffering from severe headache and was seeking a treatment alternative.
The extraoral findings showed facial convexity to the left, shortening of the right half of the face and a 2-mm skeletal deviation of the mandible to the left. The intraoral findings in habitual centric showed a lateral open bite, a dental class II on the left, constricted upper arch form, midline deviation and crowding in the upper and lower arches with incipient retraction in the lower front region *(figs. 3 and 4)*. However, on closer examination, the intraoral and articulator findings in true centric revealed a bilateral

Présentation clinique

Une jeune fille de 15 ans consultait au cabinet après un premier traitement réalisé avec un appareil amovible (Activateur). La patiente se plaignait de maux de tête sévères et cherchait une forme de traitement alternative.
Les examens extra-oraux ont révélé une convexité faciale du côté gauche, un raccourcissement de la partie droite du visage et une déviation squelettique mandibulaire de 2 mm à gauche. L'examen intra-oral en occlusion habituelle a révélé une béance latérale, une Classe II dentaire à gauche, une forme d'arcade étroite, une déviation des milieux, un encombrement des arcades supérieure et inférieure et les premiers signes d'une récession gingivale dans le segment antéro-inférieur *(fig. 3 et 4)*. Cependant, une analyse plus approfondie et un

Fig. 5: Plaster models in true centric position.
Fig. 5 : Modèles en plâtre en position centrée vraie.

Fig. 6: Preparation of splints on teeth 36, 37, 46, 47 to maintain the mandible in the physiologic centric relationship.
Fig. 6 : Préparation des gouttières sur les 36, 37, 46 et 47 afin de maintenir la mandibule dans la position centrée physiologique.

class I relation, significant lateral open bite on both sides, and a perfectly centred midline. The model findings showed contacts only on teeth 16, 17, 46 and 47 *(fig. 5)*. The mandible was sliding over these contacts into the habitual occlusion resulting in a Class II. The treatment plan in true centric therefore involved adjusting the physiological centric position with splints, no distalization,

examen oral associés aux résultats fournis par l'articulateur en relation corrigée ont révélé une relation de Classe I bilatérale, une béance latérale significative des deux côtés et un centrage parfait des milieux. Les résultats du modèle ont montré des contacts uniquement sur les 16, 17, 46 et 47 *(fig. 5)*. La mandibule glissait sur ces points de contact pour se placer dans la position d'occlusion habituelle, ce qui la positionnait en Classe

Fig. 7: Intraoral findings with fixed splints on lower molars and direct bonded attachments on teeth 13, 14, 15, 23, 24, 25, 45, 44, 43, 33, 34, 35 at the start of Invisalign® treatment.
Fig. 7 : Résultats intra-oraux avec gouttières fixes sur les molaires inférieures et attaches collées directement sur les 13, 14, 15, 23, 24, 25, 45, 44, 43, 33, 34, 35 en début de traitement Invisalign®.

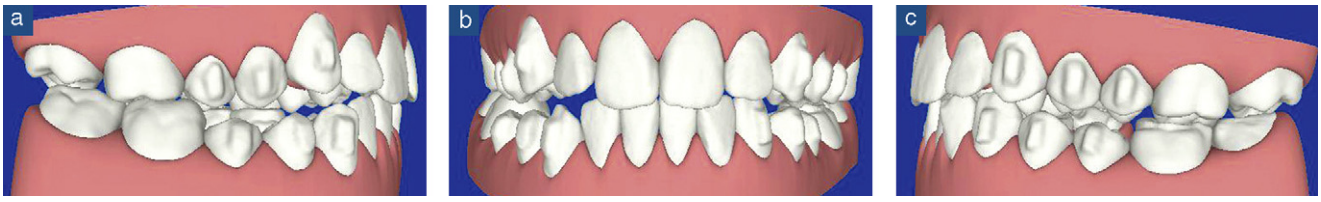

Fig. 8: Initial ClinCheck images at the start of treatment with fixed splints on lower molars and direct bonded attachments on under-erupted canines and premolars.

Fig. 8 : Images du ClinCheck en début de traitement avec des gouttières fixes sur les molaires inférieures et des attaches collées directement sur les canines en infraclusion et sur les prémolaires.

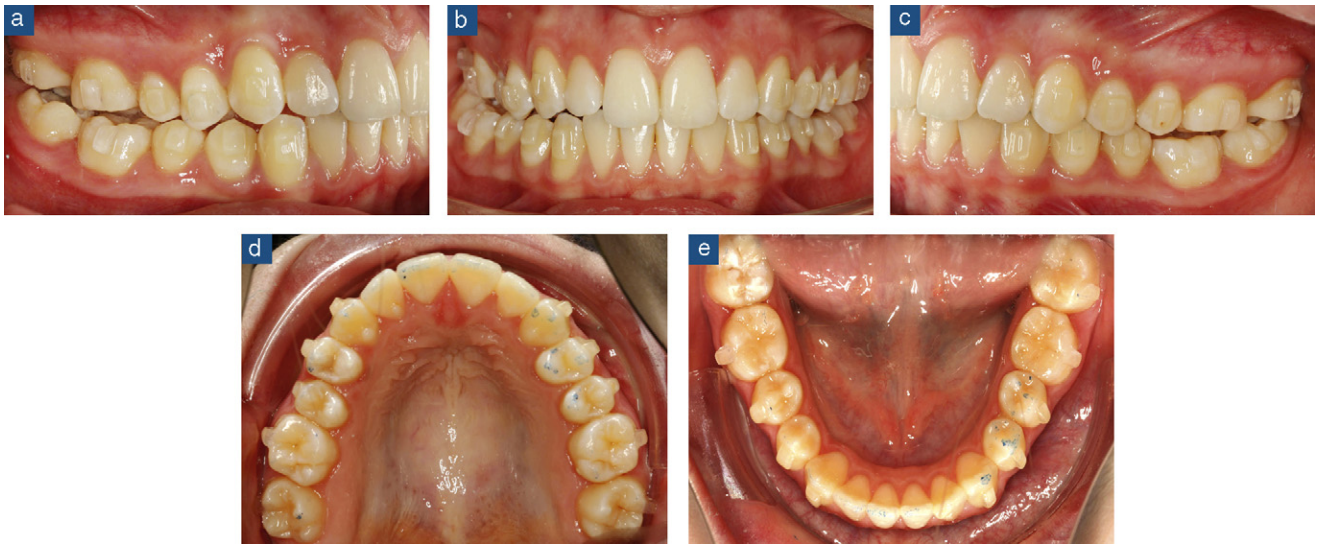

Fig. 9: Intraoral findings after removal of fixed splints and addition of attachments on teeth 16, 26, 27, 36, 37, 46, 47. Contact points (blue) due to occlusal contact visible on canines and premolars.

Fig. 9 : Résultats intra-oraux après dépose des gouttières fixes et ajout d'attaches sur les 16, 26, 27, 36, 37, 46, 47. Les points de contact (en bleu) résultant de l'intercuspidation sont visibles sur les canines et les prémolaires.

but transversal expansion in the upper arch, extrusion to close the lateral open bite, intrusion of the lower front teeth as well as alignment and correction of the crowding by IPR.

II. Le plan de traitement en relation corrigée nécessitait, par conséquent, l'ajustement de la position corrigée physiologique à l'aide de gouttières, sans distalisation mais avec une expansion transversale de l'arcade supérieure, une égression pour fermer la béance latérale, une ingression des dents antéro-inférieures et l'alignement et la correction de l'encombrement par réduction amélo-proximale.

Fig. 10: ClinCheck images at midcourse correction after removal of fixed splints in the lower arch and achievement of occlusal contact on premolars and canines.

Fig. 10 : Les images ClinCheck lors de la correction en cours de traitement après la dépose des gouttières fixes à l'arcade inférieure et l'obtention d'un contact occlusal sur les canines et prémolaires.

Fig. 11: Extra- and intraoral findings at the showing no pathological findings.
Fig. 11 : Résultats extra- et intra-oraux à la fin du traitement Invisalign® avec un contact occlusal complet sur les prémolaires et les molaires. Radiographie sans signes pathologiques.

Fig. 12: ClinCheck images matching exactly the post-treatment result.
Fig. 12 : Les images du ClinCheck correspondent exactement au résultat en fin de traitement.

Orthodontic treatment started with the bonding of fixed splints in the lower arch on teeth 36, 37, 46 and 47 in order to stabilize the true centric position *(fig. 6)*. Attachments were bonded directly on teeth 13, 14, 15, 23, 24, 25, 33, 34, 35, 43, 44, and 45 and impressions for set-up of the ClinCheck were taken *(figs. 7 and 8)*. The first treatment phase consisted in the extrusion of upper and lower canines and premolars into full occlusal contact and thus into the true centric position. After 10 months, the canines and premolars were in full occlusal contact and the second phase with the Invisalign® treatment was started involving midcourse correction: the fixed splints on the lower molars were removed and attachments were bonded directly on teeth 16, 26, 27, 36, 37, 46 and 47 as well *(figs. 9 and 10)*.

After another 30 aligners, the attachments were removed and occlusal contacts on all premolars and molars were obtained, matching exactly the final ClinCheck, X-ray showed no pathological findings *(figs. 11 and 12)*. For retention, the patient continued to wear an aligner at night. In the lower front region, a lingual retainer was bonded to settle the occlusion. Due to insufficient space for full eruption, extraction of all wisdom teeth was recommended.

Conclusion

The Invisalign® system not only provides a comfortable and almost invisible form of therapy, it is also very effective for treating CMD patients when combined with splints. Accurate knowledge of the TMJ, TMD and use of removable and fixed splints is essential. The association of the Invisalign® system with splint therapy opens up new possibilities for the treatment of patients with CMD symptoms.

Conflict of interest statement

None.

Le traitement orthodontique a commencé avec le collage de gouttières fixes à l'arcade inférieure sur les 36, 37, 46 et 47 afin de stabiliser la position corrigée *(fig. 6)*. Des attaches ont été collées directement sur 13, 14, 15, 23, 24, 25, 33, 34, 35, 43, 44 et 45 et des empreintes ont été réalisées pour la mise en œuvre du ClinCheck *(fig. 7 et 8)*. Pendant la première phase de traitement, les canines et les prémolaires supérieures et inférieures ont été égressées afin de les placer en intercuspidation maximale et, par voie de conséquence, en relation correctement corrigée. Dix mois plus tard, les canines et les molaires étaient en intercuspidation complète et la deuxième phase du traitement Invisalign® comprenant la correction à mi-traitement a pu être initiée : les gouttières fixes sur les molaires inférieures ont été déposées et des attaches ont été placées par collage direct aux 16, 26, 27, 36, 37, 46 et 47 *(fig. 9 et 10)*.
Trente aligneurs plus tard, les attaches ont été deposées et l'intercuspidation a été obtenue en parfaite conformité avec le ClinCheck final. Les radios n'ont décelé aucune pathologie *(fig. 11 et 12)*. Pour la contention, la patiente a continué à porter un aligneur la nuit. Dans le segment antéro-inférieur, une contention linguale a été collée afin de finaliser l'occlusion. L'extraction de toutes les dents de sagesse a été recommandée en raison du manque d'espace à l'arcade.

Conclusion

Le système Invisalign® fournit au patient non seulement un traitement confortable et presque invisible mais, en association avec l'utilisation de gouttières, il offre aussi un outil efficace pour le traitement de patients souffrant de TCM. Une connaissance précise de l'ATM, de ses troubles et du traitement faisant appel aux gouttières amovibles et fixes est essentielle. L'association du système Invisalign® et du traitement avec gouttières ouvre de nouvelles possibilités pour le traitement de patients atteints de TCM.

Conflit d'intérêt

Aucun.

References/Références

1. Bonjardim LR, Gavião MB, Pereira LJ, Castelo PM, Garcia RC. Signs and symptoms of temporomandibular disorders in adolescents. Braz Oral Res 2005;19(2):93–8 [Epub 2005 Sep 8].
2. Schupp W. Kraniomandibuläre dysfunktionen und deren periphere Folgen- eine Literaturübersicht. Man Med 2005;43:29-33.
3. Bumann A, Kopp S, Ewers R. Compression joint as a differential diagnosis in chronic facial pain. Dtsch Zahnarztl Z 1989;44(12):962.
4. Celic R, Panduric J, Dulcic N. Psychologic status in patients with temporomandibular disorders. Int J Prosthodont 2006;19(1):28–9.
5. John MT, Reissmann DR, Schierz O, Wassell RW. Oral health-related quality of life in patients with temporomandibular disorders. J Orofac Pain 2007;21(1):46-54.
6. Gray RJ, Davies SJ, Quayle AA. A clinical approach to temporomandibular disorders. 1. Classification and functional anatomy. Br Dent J 1994;176(11):429–35.
7. Hirata RH, Heft MW, Hernandez B, King GJ. Longitudinal study of signs of temporomandibular disorders (TMD) in orthodontically treated and nontreated groups. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;101(1):35-40.
8. Sadowsky C. The risk of orthodontic treatment for producing temporomandibular mandibular disorders: a literature overview. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;101(1):79-83.
9. Heikinheimo K, Salmi K, Myllärniemi S, Kirveskari P. A longitudinal study of occlusal interferences and signs of craniomandibular disorder at the ages of 12 and 15 years. Eur J Orthod 1990;12(2):190–7.
10. Agerberg G, Carlsson GE. Functional disorders of the masticatory system. I. Distribution of symptoms according to age and sex as judged from investigation by questionnaire. Acta Odontol Scand 1972;30(6):597-613.
11. Magnusson T, Carlsson GE. Comparison between two groups of patients in respect of headache and mandibular dysfunction. Swed Dent J 1978;2(3):85-92.
12. Korbmacher H, Eggers-Stroeder G, Koch L, Kahl-Nieke B. Correlations between dentition anomalies and diseases of the postural and movement apparatus: a literature review. J Orofac Orthop 2004;65(3):190-203.
13. Neuhuber WL. Funktionelle anatomie des kraniozervikalen Übergangs. In: Hülse MN, Wolff HD, editors. Berlin/New York: Springer/Heidelberg; 2005.
14. Matsushita M, Gao X, Yaginuma H. Spinovestibular projections in the rat, with particular reference to projections from the central cervical nucleus to the lateral vestibular nucleus. J Comp Neurol 1995;361(2):334–4.
15. Schupp W. Okklusionsveränderungen und deren Auswirkungen auf den Halte- und Stützapparat. Man Med 2009;47:107–11.
16. Beyer L. Das tonische motorische System als Zielorgan manueller Behandlungstechniken. Man Med 2009;47:99-106.
17. Burckhardt R, Polz M. New methods in instrumentation functional diagnosis. Dent Labor (Munch) 1986;34(3):387–90.
18. Mohlin B, Ingervall B, Thilander B. Relation between malocclusion and mandibular dysfunction in Swedish men. Eur J Orthod 1980;2(4):229–38.
19. Mohlin B, Thilander B. The importance of the relationship between malocclusion and mandibular dysfunction and some clinical applications in adults. Eur J Orthod 1984;6 (3):192-204.
20. Egermark I, Thilander B. Craniomandibular disorders with special reference to orthodontic treatment: an evaluation from childhood to adulthood. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;101(1):28-34.
21. Droschl H, Permann I, Bantleon HP. Changes in occlusion and condylar positioning during retention with a gnathologic positioner. Eur J Orthod 1989;11(3):221–7.
22. Koike H, Yamashita S, Hashii K, Nakatsuka Y, Mizoue S, Tomida M, Asanuma N. Relationship between condylar displacement during clenching and condylar guide inclination. Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi 2007;51(3):546–55.

23. Kirveskari J. Präventive und therapeutische Okklusionskorrekturen. Philipp J 1995;12:337–42.
24. Cozzani G. Kieferorthopädische Maßnahmen bei Kiefergelenkerkrankungen. Inf Orthod Kieferorthop 2003;35:129–3.
25. Nedwed V, Miethke RR. Motivation, acceptance and problems of Invisalign® patients. J Orofac Orthop 2005;66(2):162–73.
26. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption following treatment with aligners. Angle Orthod 2008;78(6):1119–24.
27. Brin I, Ben-Bassat Y, Heling I, Engelberg A. The influence of orthodontic treatment on previously traumatized permanent incisors. Eur J Orthod 1991;13(5):372–7.
28. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. Am J Orthod 1982;82(6):487–91.
29. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1996;110(3):311–20.
30. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S, Baumrind. Etiology and sequelae of root resorption. Semin Orthod 1998;4(2):124–31.
31. Apajalahti S, Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment: a retrospective study. Eur J Orthod 2007;29(4):408–12 [Epub 2007 Jul 13].
32. Vlaskalic V, Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign® System. Aust Orthod J 2001;17(1):41–6.
33. Baumrind S, Carlson S, Beers A, Curry S, Norris K, Boyd RL. Using three-dimensional imaging to assess treatment outcomes in orthodontics: a progress report from the University of the Pacific. Orthod Craniofac Res 2003;6(Suppl. 1):132–4.
34. Clements KM, Bollen AM, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: dental improvements. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124(5):502–8.
35. Bollen AM, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: ability to complete treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124(5):496-501.
36. Womack WR. Four-premolar extraction treatment with Invisalign®. J Clin Orthod 2006;40 (8):493-500.
37. Hönn M, Göz G. A premolar extraction case using the Invisalign® system. J Orofac Orthop 2006;67(5):385–94.
38. Norris RA, Brandt DJ, Crawford CH, Fallah M. Restorative and Invisalign®: a new approach. J Esthet Restor Dent 2002;14(4):217–24.
39. Helmts H. Klinische Erfahrungen mit der Aufbissschiene nach Ash (1). Dtsch Zahnarztl Z 1980;35:673–6.
40. Kopp S. Therapie mit Aufbissbehelfen in 23. Wissenschaftliche Tagung der Zahnärzte des Heeres. Hörnum: Sylt; 1992.
41. Kopp S. Aufbißbehelfe - Indikation und design in winterfortbildung der zahnärztekammer. Niedersachsen: Braunlage; 1992.
42. Kovaleski WC, De Boever J. Influence of occlusal splints on jaw position and musculature in patients with temporomandibular joint dysfunction. J Prosthet Dent 1975;33(3):321–7.
43. Lederman KH, Clayton JA. Patients with restored occlusions. Part III: the effect of occlusal splint therapy and occlusal adjustments on TMJ dysfunction. J Prosthet Dent 1983;50 (1):95-100.
44. Lotzmann U. Occlusal appliances for functional therapy. J Gnathol 1996;15:63-71.