

## Zastosowanie dekoronacji w przypadkach pourazowej resorpcji wymiennej – przegląd piśmiennictwa

## *The use of decoronation in cases of post-traumatic replacement resorption – a literature review*

Aneta Królik<sup>1</sup>**A****D****F** (ORCID ID: 0000-0002-7021-9441)

Jolanta Kalinowska<sup>2</sup>**E****F** (ORCID ID: 0000-0001-7761-7728)

Bogna Racka-Pilszak<sup>2</sup>**E****F** (ORCID ID: 0000-0002-3709-3576)

**Wkład autorów:** **A** Plan badań **B** Zbieranie danych **C** Analiza statystyczna **D** Interpretacja danych  
**E** Redagowanie pracy **F** Wyszukiwanie piśmiennictwa

**Authors' Contribution:** **A** Study design **B** Data Collection **C** Statistical Analysis **D** Data Interpretation  
**E** Manuscript Preparation **F** Literature Search

<sup>1</sup> Poradnia Ortodoncji, Uniwersyteckie Centrum Stomatologiczne  
*Outpatient Clinic of Orthodontics, University Dental Centre, Gdańsk*

<sup>2</sup> Zakład Ortodoncji, Gdański Uniwersytet Medyczny  
*Department of Orthodontics, Medical University of Gdańsk*

### Streszczenie

Resorpcja wymienna może wystąpić jako następstwo urazów prowadzących do trwałego uszkodzenia zębnej. Jest to proces nieodwracalny, nie można go zatrzymać, co oznacza, że w konsekwencji prowadzi do utraty zęba. Do metod minimalizujących skutki resorpcji wymiennej należy dekoronacja, która polega na odcięciu korony poniżej połączenia szkliwno-cementowego i pozostawieniu korzenia pod płatem śluzówkowo-okostnowym. **Cel.** Celem pracy było przedstawienie współczesnych poglądów na temat dekoronacji. **Materiał i metody.** Dokonano przeglądu piśmiennictwa od początku 1984 r. do kwietnia 2020 r., wykorzystując bazę PubMed z zastosowaniem słów kluczowych: dekoronacja, resorpcja wymienna, zwłknięcie zęba, intruzja, leczenie

### Abstract

Replacement resorption may develop as a consequence of traumas leading to permanent damage to the periodontium. This process is irreversible, cannot be stopped, and it means that consequently, it leads to the loss of a tooth. Methods that reduce consequences of replacement resorption include decoronation, namely a procedure that consists of cutting off a crown below the cemento-enamel junction and leaving a root below the mucoperiosteal flap. **Aim.** The aim of the paper was to present contemporary views on decoronation. **Material and methods.** A review of the literature was performed from the beginning of 1984 to April 2020, using the PubMed database and the following keywords: decoronation, replacement resorption, tooth

Adres do korespondencji/*Correspondence address:*

Aneta Królik

Poradnia Ortodoncji, Uniwersyteckie Centrum Stomatologiczne GUMed

email: anetta.zuk@gmail.com



Copyright: © 2005 Polish Orthodontic Society. This is an Open Access journal, all articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material, provided the original work is properly cited and states its license.

ortodontyczne. Kryteriami włączenia były: oryginalne badania kliniczne, artykuły przeglądowe, przeglądy systematyczne, opisy przypadków. Kryteriami wykluczającymi były publikacje dostępne w formie streszczenia, raporty z sympozjów towarzystw stomatologicznych oraz artykuły opublikowane w języku innym niż angielski. **Wyniki.** Na podstawie piśmiennictwa stwierdzono, że dekoronacja jest metodą, którą można zastosować wobec licznej grupy pacjentów z pourazową resorpcją wymienną. Czas przeprowadzenia tej procedury powinien być ustalony indywidualnie i zostać poprzedzony dokładną diagnostyką. Dekoronacja korzystnie wpływa na morfologię wyrostka zębodołowego. Dalsze postępowanie zależy m.in. od stopnia rozwoju pacjenta. **Wnioski.** Dekoronacja ma przewagę nad innymi procedurami, ze względu na możliwość utrzymania dalszego wzrostu wyrostka u rosnących pacjentów. Z kolei u pacjentów dojrzałych stanowi przygotowanie do leczenia implantologicznego i jest prostszą metodą niż zabiegi augmentacyjne. Ze względu na stosunkowo niewielką ilość publikacji i brak rozstrzygnięcia niektórych kwestii, konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań. **(Królik A, Kalinowska J, Racka-Pilszak B. Zastosowanie dekoronacji w przypadkach pourazowej resorpcji wymiennej – przegląd piśmiennictwa. Forum Ortod 2020; 16 (2): 159-69).**

Nadesłano: 30.03.2020

Przyjęto do druku: 30.06.2020

<https://doi.org/10.5114/for.2020.97341>

**Słowa kluczowe:** ankyloza, dekoronacja, pourazowa resorpcja wymienna

## Wstęp

Pourazowa resorpcja wymienna, określana również jako ankyloza zęba, jest konsekwencją urazu obejmującego włókna i komórki ozębnej. W przypadku nieodwracalnego uszkodzenia ozębnej dochodzi do stopniowej resorpcji cementu i zębiny korzeniowej, które są zastępowane kością wyrostka zębodołowego (1). Do urazów najczęściej doprowadzających do resorpcji wymiennej zębów stałych należą wtłoczenie zęba w głąb tkanek (intruzja) oraz zwichnięcie całkowite, które stanowią odpowiednio 0,5–1,9% oraz 0,5–3% wszystkich urazów zębów stałych (2, 3). Do czynników predysponujących do wystąpienia resorpcji wymiennej należy m.in. zastosowany sposób leczenia następstw urazu. W przypadku zębów, które uległy intruzji i pozostawiono je do samostnej reerupcji resorpcja wymienna wystąpiła w 7% przypadków. W grupie zębów poddanych ortodontycznej repozycji 18% z nich uległo ankylozacji, a w przypadku chirurgicznej repozycji – 40% (4). Wśród zębów poddanych replantacji po zwichnięciu całkowitym ryzyko ankylozy zależy od czasu przebywania zęba poza jamą ustną oraz sposobu przechowywania zęba do czasu

avulsion, intrusion, orthodontic treatment. Inclusion criteria included original clinical trials, review papers, systematic reviews and case reports. Exclusion criteria included publications available as abstracts, reports from conferences of dental societies and articles published in a language other than English. **Results.** Based on the literature review, decoronation was found to be a method that can be used in a large number of patients with post-traumatic replacement resorption. The time point to perform this procedure should be determined on an individual basis and preceded by precise diagnostic tests. Decoronation has a positive effect on the alveolar process morphology. Further management depends on the patient's stage of development, among others. **Conclusions.** Decoronation has an advantage over other procedures because it is possible to maintain further process growth in growing patients. On the other hand, in mature patients, it is a preparation stage for dental implant treatment, and it is a more straightforward procedure compared to augmentation procedures. Due to the relatively small number of publications and the presence of some unresolved issues, further studies are necessary. **(Królik A, Kalinowska J, Racka-Pilszak B. The use of decoronation in cases of post-traumatic replacement resorption – a literature review. Orthod Forum 2020; 16 (2): 159-69).**

Received: 30.03.2020

Accepted: 30.06.2020

<https://doi.org/10.5114/for.2020.97341>

**Key words:** ankylosis, decoronation, post-traumatic replacement resorption

## Introduction

Post-traumatic replacement resorption, also known as tooth ankylosis, is a consequence of trauma to periodontal fibres and cells. In the case of irreversible periodontal damage, cement and root dentin are gradually resorbed and replaced by the alveolar bone (1). The most common traumas leading to replacement resorption of permanent teeth include intrusion of a tooth into the tissues (intrusion) and complete dislocation – they represent 0.5–1.9% and 0.5–3% of all permanent tooth traumas, respectively (2, 3). A method used to treat the consequences of trauma is one of many factors predisposing to replacement resorption. In the case of teeth which underwent intrusion and were left for spontaneous re-eruption, replacement resorption occurred in 7% of cases. In a group of teeth subject to orthodontic repositioning, 18% of them were ankylosed teeth, and in the case of surgical repositioning, this value was 40% (4). In relation to teeth subject to replantation after complete avulsion, the risk of ankylosis depends on how long a tooth is outside the oral cavity

*The use of decoronation in cases of post-traumatic replacement resorption – a literature review*

replantacji. Wykazano, że po 60 minutach przebywania zęba poza jamą ustną, również podczas przechowywania w mleku, lub po 30 minutach przechowywania w suchych warunkach, prawie zawsze dochodzi do resorpcji wymiennej. Zęby niedojrzałe mają mniejsze ryzyko wystąpienia ankylozy, dlatego w przypadku zwichnięcia całkowitego należy podjąć się replantacji (5). Przebieg resorpcji wymiennej ma różną dynamikę, zależną od wieku pacjenta w jakim doznał urazu, rozległości urazu oraz stadium rozwoju zęba. Jest to proces, który jest nieodwracalny, nie można go zatrzymać, a w konsekwencji prowadzi do utraty zęba w ciągu 1–10 lat. Możliwe jest zatrzymanie postępującej infraokluzji i przywrócenie prawidłowego wzrostu pionowego kości wyrostka zębodołowego (6, 7). W przypadku pacjenta rosnącego pozwala to na stworzenie odpowiednich warunków do odbudowy protetycznej po zakończeniu wzrostu. Istnieją następujące metody postępowania w przypadku stwierdzenia resorpcji wymiennej: wczesna ekstrakcja zęba, ekstrakcja z jednoczasową odbudową kostną, ekstrakcja i zamknięcie luki ortodontycznie, autotransplantacja zęba, dystrakcja segmentu kostnego obejmującego ankylotyczny ząb, dekoronacja (8). Proces leczenia wymaga współpracy takich specjalistów, jak stomatolog dziecięcy, ortodonta, chirurg stomatologiczny, a niekiedy endodonta i periodontolog. Wybór metody postępowania powinien uwzględniać wiek pacjenta, stadium wzrostu, stopień zaawansowania resorpcji wymiennej i infraopozycji zęba, istniejące zaburzenia zgryzowe, preferencje pacjenta. Pacjenci z ankylozą trafiają do gabinetu ortodontycznego z powodu postępującej infraokluzji, która zaburza estetykę, jak również są kierowani przez stomatologów w celu leczenia ortodontycznego. Wymaga to od ortodonta wiedzy, jak postąpić, aby zmniejszyć lub wyeliminować negatywne skutki urazów, umożliwić dalszy prawidłowy wzrost oraz rozwój zgryzu, a także ocenić rokowanie w przypadku konkretnego pacjenta. Znajomość dostępnych metod i technik leczenia różnych specjalności pozwala na osiągnięcie optymalnego efektu końcowego leczenia zespołowego. Jedną z metod postępowania w przypadku pourazowej resorpcji wymiennej korzenia jest dekoronacja. Jest ona przedstawiana jako metoda postępowania z wyboru w przypadku pacjentów rosnących i po raz pierwszy została opisana w 1984 r. przez Malmgrena (1, 9). Zabieg polega na odcięciu wiertłem diamentowym korony zęba poniżej połączenia szkliwno-cementowego, zeszlifowaniu tkanek korzenia 1,5–2 mm poniżej brzegu kostnego i na całkowitym usunięciu wypełnienia kanału. W tak przygotowanym korzeniu doprowadza się do skrwawienia tkanek okołowierzchołkowych, co prowadzi do powstania skrzepu, który przyczynia się do powstania ognisk resorpcji wymiennej wewnątrz kanału. Procedurę chirurgiczną kończy szczelne przykrycie powierzchni korzenia płatem śluzówkowo-okostnowym. Następnie wykonywana jest tymczasowa odbudowa w formie zdejmowanej protezy, mostu adhezyjnego wykorzystującego odciętą koronę lub aparatu grubołukowego z dostawionym zębem (9).

and how it is stored until replantation. It has been shown that when a tooth is outside the oral cavity longer than 60 minutes, also when stored in milk, or after 30 minutes, when it is in dry conditions, replacement resorption is almost always present. Immature teeth have a lower risk of ankylosis, so replantation should be undertaken in case of complete dislocation (5). The course of replacement resorption has different dynamics, depending on the patient's age during trauma, the extent of trauma and the stage of development of a given tooth. This process is irreversible, cannot be stopped and consequently leads to the loss of a tooth within 1–10 years. It is possible to stop progressive infraocclusion and restore proper vertical growth of the alveolar process bone (6, 7). In growing patients, this creates appropriate conditions for prosthetic restoration when the growth ends. The following methods are available for the treatment of cases where replacement resorption is observed: early tooth extraction, extraction with simultaneous bone reconstruction, extraction and orthodontic closure of a gap, tooth autotransplantation, distraction of a bone segment with an ankylotic tooth, decoronation (8). Treatment requires the cooperation of many specialists such as a paediatric dentist, orthodontist, dental surgeon, and sometimes endodontist and periodontist. The choice of a procedure should take into account the patient's age, stage of growth, degree of advancement of replacement resorption and tooth infra-position, existing malocclusions, patient preferences. Patients with ankylosis present at the orthodontic office due to progressive infraocclusion which disturbs the aesthetics, and are also referred by dentists for orthodontic treatment. Therefore an orthodontist has to know what to do to reduce or eliminate the negative effects of traumas, to allow further normal growth and occlusion development, and to assess the prognosis in a specific patient. Knowledge of available methods and techniques of treatment covering various specialities allows achieving optimum final outcomes of team treatment. Decoronation is one of the methods to treat post-traumatic replacement root resorption. It is considered to be a method of choice for growing patients and was described for the first time by Malmgren in 1984 (1, 9). The procedure consists in cutting off a tooth crown below the cemento-enamel junction with a diamond bur, grinding root tissues 1.5–2 mm below the bone edge and completely removing the canal filling. When a root is prepared in such a way, bleeding at the periapical tissues is stimulated, leading to the formation of a clot which contributes to the formation of foci of replacement resorption inside the canal. The surgical procedure ends when the root surface is tightly covered with a mucoperiosteal flap. Then, a temporary restoration is made in the form of a removable denture, an adhesive bridge using a cut-off crown or a thick-wire appliance with a tooth attached (9).

## Cel

Celem pracy było przedstawienie współczesnych poglądów dotyczących dekoronacji jako metody postępowania w przypadku wystąpienia pourazowej resorpcji wymiennej.

## Materiał i metody

Dokonano przeglądu piśmiennictwa od początku 1984 r. do kwietnia 2020 r., wykorzystując bazę PubMed, z zastosowaniem słów kluczowych: dekoronacja, pourazowa resorpcja wymienna, zwichnięcie zęba, intruzja, leczenie ortodontyczne. Kryteriami włączenia do analizy były oryginalne badania kliniczne prospektywne i retrospektywne, artykuły przeglądowe, przeglądy systematyczne. Do kryteriów wykluczających z badania zaliczono publikacje dostępne tylko w formie streszczenia, raporty z sympozjów towarzystw stomatologicznych oraz artykuły opublikowane w języku innym niż angielski. Po wstępnym zapoznaniu się z pełnotekstowymi artykułami, postanowiono włączyć również opisy przypadków w celu przedstawienia niektórych zagadnień dotyczących omawianej problematyki. Bibliografię uzupełniono o publikację książkową z zakresu traumatologii uzębienia.

## Wyniki

Dekoronację, jako metodę leczenia następstw resorpcji wymiennej, opisano ponad 35 lat temu. Do tej pory przeprowadzono stosunkowo niewiele badań dotyczących stosowania tej metody. Większość publikacji stanowią badania dotyczące wpływu dekoronacji na wyrostek zębodołowy. Pozostałe aspekty dotyczące dekoronacji zostały podjęte w artykułach przeglądowych i opisach przypadków. Sposobów leczenia następstw resorpcji wymiennej jest kilka, a wybranie właściwego powinno być poprzedzone wnikliwą diagnostyką oraz analizą korzyści i strat, aby można było ocenić, czy jest to metoda właściwa dla danego pacjenta.

W przypadku wystąpienia urazu obejmującego wtłoczenie lub zwichnięcie całkowite należy przede wszystkim regularnie obserwować pacjenta. Opisano zjawisko tymczasowej ankylozy, która ustępowała po około 8 tygodniach od replantacji zwichniętego zęba, gdy nastąpiło gojenie cementu korzeniowego. Tymczasowa ankyloza dotyczy przypadków, w których zostało uszkodzonych 1–4 mm<sup>2</sup> powierzchni ożębnej (1, 8). Przez 12 miesięcy od urazu ryzyko wystąpienia resorpcji wymiennej jest wciąż niepewne, dlatego wskazane jest odroczenie interwencji do czasu wystąpienia ewidentnych symptomów ankylozy (8). Brak ruchomości, infraokluzja zęba oraz metaliczny odgłos podczas opukiwania są wskazaniami do wykonania zdjęcia radiologicznego. Wykazano, że ankyloza jest widoczna na zdjęciach rentgenowskich w sytuacji, gdy jest zajęte 20% powierzchni korzenia (10). Tsukiboshi i wsp. za pomocą skanów CBCT wykazali większą liczbę ognisk resorpcji wymiennej, która rozciągała się również do kanału miazgi, wraz

## Aim

The aim of this work was to present contemporary views on decoronation as a method of treatment in the case of post-traumatic replacement resorption.

## Material and methods

A review of the literature was performed from the beginning of 1984 to April 2020, using the PubMed database and the following keywords: decoronation, post-traumatic replacement resorption, tooth avulsion, intrusion, orthodontic treatment. Inclusion criteria for the analysis included original prospective and retrospective clinical trials, review papers and systematic reviews. Exclusion criteria included publications available only as abstracts, reports from conferences of dental societies and articles published in a language other than English. After an initial review of full-text articles, a decision was made to include case studies in order to present some of the issues related to this subject. The bibliography has been supplemented with books on dental traumatology.

## Results

Decoronation, as a method used to treat the consequences of replacement resorption, was described over 35 years ago. So far, relatively few studies on the application of this method have been conducted. Most of the publications are studies on the effects of decoronation on the alveolar process. Other aspects relating to decoronation have been discussed in review articles and case reports. There are several ways of treating the consequences of replacement resorption, and before an appropriate method is selected, thorough diagnostics and a benefit-and-loss analysis are necessary to assess whether it is an appropriate method for a given patient.

When trauma involves impaction or complete avulsion, the patient should be regularly monitored, above all. Temporary ankylosis has been described, and it subsided about 8 weeks since the replantation of an avulsed tooth when the root cement healed. Temporary ankylosis is observed in cases where 1–4 mm<sup>2</sup> of periodontal surface has been damaged (1, 8). In the period of 12 months after the trauma, the risk of replacement resorption is still uncertain, so it is recommended to postpone the intervention until clear signs of ankylosis are present (8). Lack of mobility, tooth infraocclusion and metallic sounds on percussion are indications to take a radiological image. Ankylosis has been shown to be visible on X-ray images when 20% of the root area is affected (10). Tsukiboshi et al. using CBCT scans showed a higher number of foci of replacement resorption, which also stretched to the pulp canal, together with significant resorption of the buccal lamina of the alveolar process (11). Conventional X-ray images do not show the presence of all resorption foci, and it gives a false image

ze znaczną resorpcją blaszki policzkowej wyrostka zębodołowego (11). Konwencjonalne zdjęcia rentgenowskie nie wykazują obecności wszystkich ognisk resorpcji, dając fałszywy obraz mniejszego stopnia zaawansowania procesu, dlatego w przypadku wątpliwości należy rozważyć wykonanie CBCT.

Szybkość postępowania resorpcji zastępczej jest związana z wiekiem. Wykazano, że ząb replantowany po 60 minutach przebywania poza jamą ustną w suchych warunkach zostanie zresorbowany w ciągu 3–7 lat u młodych pacjentów (8–16 lat), podczas gdy ząb replantowany w podobnych warunkach u pacjentów starszych (17–39 lat) może pozostawać w jamie ustnej przez znacznie dłuższy czas (12). Kiedy resorpcja zastępcza występuje u rosnącego pacjenta, wynikający z tego faktu brak pionowego wzrostu wyrostka zębodołowego powoduje postępującą infraokluzję zęba. Dynamika tego procesu zależy od wieku pacjenta. U pacjentów, u których doszło do urazu przed skokiem wzrostowym proces może być powolny, ale w momencie wkroczenia w fazę skoku wzrostowego tempo się zwiększa (13). Należy mieć na uwadze, że wiek osiągnięcia skoku wzrostowego różni się u dziewcząt i chłopców. Po osiągnięciu skoku wzrostowego proces resorpcji zwalnia, ale trwa nadal, prowadząc do dalszego pogłębiania się infraokluzji oraz nachylania sąsiednich zębów (14). Wobec powyższych stwierdzeń w przypadkach, kiedy do zdiagnozowania ankylozy doszło przed skokiem wzrostowym, w okresie wczesnego uzębienia mieszanego (7–10 lat), dekoronację należy wykonać w ciągu 2 lat. W okresie późnego uzębienia mieszanego (10–12 lat) należy regularnie monitorować pacjenta (7, 14, 15). Do śledzenia pozycji ankylotycznego zęba przydatny jest wskaźnik infrapozycji (Index for Infraposition), w którym stopień I (minimalny) określa zasięg infrapozycji na  $< 1/8$  wysokości sąsiedniego zęba. Stopień II (średni) to  $\geq 1/8$  ale  $< 1/4$  wysokości sąsiedniego zęba. Stopień III (ciężki) to  $\geq 1/4$  ale  $< 1/2$  wysokości sąsiedniego zęba. Stopień IV (skrajny) to  $\geq 1/2$  wysokości sąsiedniego zęba (13). W grupie pacjentów z późnym uzębieniem stałym wskazane jest wykonanie dekoronacji, gdy występuje III i IV stopień infrapozycji. W przypadku pacjentów po skoku wzrostowym Mohadeb i Somar oraz Malmgren i wsp. wskazują, że mimo powolnego tempa resorpcji wymiennej istnieje ryzyko powstania infraokluzji i nachylenia zębów, które zniekształcą wyrostek zębodołowy, utrudniając w przyszłości odbudowę protetyczną. Wykonanie dekoronacji u tych pacjentów nie przyczyni się do pionowego wzrostu kości wyrostka zębodołowego, natomiast zatrzyma dalszą deformację i pozwoli zachować objętość wyrostka do czasu odbudowy protetycznej (7, 14).

U pacjentów, u których zdiagnozowano cechy stanu zapalnego, takie jak przetoka czy obecność przewlekłych zmian okołowierzchołkowych, powinno się odstąpić od wykonania dekoronacji. Aktywna zaawansowana choroba przyzębia również stanowi przeciwwskazanie do przeprowadzenia tego zabiegu (16).

that the process is less advanced, so in case of doubts, CBCT should be considered.

The progression of replacement resorption is age-related. It has been shown that a tooth replanted after 60 minutes of being outside the oral cavity in dry conditions will be resorbed within 3–7 years in young patients (8–16 years), while a tooth replanted under similar conditions in older patients (17–39 years) may remain in the oral cavity for much longer (12). When replacement resorption occurs in a growing patient, there is no vertical growth of the alveolar process, and therefore progressive tooth infraocclusion is observed. The dynamics of this process depends on the patient's age. In patients who have suffered trauma before the growth spurt, the process may be slow, but it progresses when the growth spurt starts (13). One should remember that the age when growth spurt occurs differs between girls and boys. When the growth spurt ends, the resorption process slows down, but it continues, leading to increased infraocclusion and tilting of adjacent teeth (14). Taking the above information into account, in cases where ankylosis has been diagnosed before the growth spurt, during the period of early mixed dentition (7–10 years), decoronation should be performed within 2 years. During the period of late mixed dentition (10–12 years) the patient should be regularly monitored (7, 14, 15). The Index for Infraposition is useful to track the position of an ankylotic tooth. Grade I (minimal) determines the range of infraposition at  $< 1/8$  of the crown height of an adjacent tooth. Grade II (moderate) is  $\geq 1/8$  but  $< 1/4$  of the crown height of an adjacent tooth. Grade III (severe) is  $\geq 1/4$  but  $< 1/2$  of the crown height of an adjacent tooth. Grade IV (extreme) is  $\geq 1/2$  of the crown height of an adjacent tooth (13). In a group of patients with late permanent dentition, it is recommended to perform decoronation when grade III and IV infraposition is observed. In the case of patients after the growth spurt, Mohadeb and Somar and Malmgren et al. indicate that despite the slow rate of replacement resorption, there is a risk of infraocclusion and tooth tilting that will deform the alveolar process, and make prosthetic restoration difficult in the future. Decoronation in these patients will not contribute to the vertical growth of the alveolar process bone, but it will stop further deformation and allow to maintain the volume of the alveolar process until prosthetic restoration (7, 14).

Decoronation should not be performed in patients diagnosed with such inflammatory features as a fistula or the presence of chronic periapical lesions. Active advanced periodontal disease is also a contraindication for this procedure (16).

#### **Temporary restoration**

After decoronation, the lost tooth crown must be restored. Originally, Malmgren et al. indicated three ways of temporary restoration: a removable partial denture, adhesive attachment between a cut-off crown and adjacent teeth, and

### Odbudowa tymczasowa

Po wykonaniu dekoracji należy odtworzyć utraconą koronę zęba. Pierwotnie Malmgren i wsp. wskazali trzy sposoby odbudowy tymczasowej: ruchoma proteza częściowa, połączenie adhezyjne odciętej korony z sąsiednimi zębami oraz aparat grubośluzowy z dostawioną koroną protetyczną (9). Wybierając rodzaj odbudowy, należy zwrócić uwagę na kilka aspektów, takich jak wiek pacjenta, nawyki higieniczne, tempo wzrostu, stopień rozwoju łuków zębowych oraz ewentualną potrzebę leczenia ortodontycznego. W publikacjach wykazano, że najczęściej stosowana jest ruchoma częściowa proteza oraz most adhezyjny wykorzystujący odciętą koronę (17). Wynika to prawdopodobnie z faktu, że oba rozwiązania są łatwiejsze do wykonania w gabinecie stomatologicznym. Należy jednak mieć na uwadze, że w przypadku stosowania u dzieci protezy ruchomej, łatwo może dojść do jej uszkodzenia lub zgubienia. U pacjentów z uzębieniem mieszanym, ze względu na tempo wzrostu i wymiany zębów mlecznych na stałe, protezę należy regularnie dopasowywać i wymieniać na nową. Rozwiązaniem alternatywnym dla częstych wymian jest umieszczenie w płycie protezy śruby centralnej, choć przy niedostatecznej higienie istnieje zwiększone ryzyko wystąpienia próchnicy na powierzchniach podniebiennych zębów. Jest to jednak rozwiązanie, które zapewnia dobry efekt estetyczny, pozwala na nieprzerwany wzrost pionowy wyrostka w okolicy zęba poddanego dekoracji, a także na uzupełnienie braków zębowych w przypadku rozległego urazu lub przedwczesnej utraty zębów z powodu próchnicy bądź reinkluzy zębów mlecznych. U pacjentów z uzębieniem stałym, dobrą higieną jamy ustnej i brakiem potrzeby leczenia ortodontycznego to rozwiązanie może być zastosowane do czasu docelowej odbudowy protetycznej. Druga najczęściej stosowana metoda – most adhezyjny – jest przez pacjentów bardziej akceptowana, ze względu na stałe umocowanie w jamie ustnej. Jednak sztywne mocowanie do zębów sąsiednich wpływa hamująco na dalszy wzrost i rozwój łuku na szerokość w tym miejscu. Z kolei jednobrzeżny most, z uwagi na mniejsze podparcie, może częściej ulegać awariom. Aby uzyskać odpowiednią stabilność, korona jest niekiedy przymocowana do powierzchni podniebiennych sąsiednich zębów za pomocą metalowych wzmocnień, które u pacjentów z głębokim nagryzem pionowym mogą stanowić przeszkodę okluzyjną. Nie bez znaczenia jest również utrudniona higiena powierzchni stycznych i okolicy dodziąsłowej. Nieodpowiednie dopasowanie brzegu dodziąsłowego korony może hamować wzrost pionowy wyrostka. Most adhezyjny będzie przypuszczalnie ulegać częstym awariom u pacjentów, którzy odgryzają przednimi zębami twarde pokarmy. To rozwiązanie może znaleźć zastosowanie u pacjentów zdyscyplinowanych pod względem stosowania się do zaleceń higienicznych i żywieniowych, którzy regularnie pojawiają się na wizytach kontrolnych i są po skoku wzrostowym. Rzadziej opisywanym w publikacjach rozwiązaniem jest aparat grubośluzowy wykonany

a thick-wire appliance with an attached prosthetic crown (9). When choosing the type of restoration, several aspects should be taken into account, such as the patient's age, hygiene habits, growth rate, the degree of development of dental arches and whether orthodontic treatment is necessary. Publications have shown that a removable partial denture and an adhesive bridge using a cut-off crown are the most commonly used (17). This is probably due to the fact that both solutions are easier to apply in a dental office. However, one should remember that when children use removable dentures, such a denture can easily be damaged or lost. In patients with mixed dentition, due to the growth rate and replacement of milk teeth by permanent teeth, a denture should be regularly adjusted and replaced. Placement of a central screw in the prosthesis plate is an alternative to frequent replacements, although in case of insufficient hygiene there is an increased risk of tooth decay on tooth palatal surfaces. However, it is a solution that provides good aesthetic outcomes, allows for uninterrupted vertical growth of the alveolar process in the area of a tooth undergoing decoronation, as well as for the restoration of missing teeth in case of extensive trauma or premature loss of teeth due to caries or re-inclusion of deciduous teeth. In patients with permanent dentition, good oral hygiene and no need for orthodontic treatment, this solution can be applied until the target prosthetic restoration. The second most commonly used method – the adhesive bridge – is more accepted by patients as it is permanently placed in the oral cavity. However, as it is rigidly attached to adjacent teeth, it inhibits further growth and development of the arch width at this point. On the other hand, a single-sided bridge can be more likely to fail due to its smaller support. To achieve adequate stability, the crown is sometimes attached to the palatal surfaces of adjacent teeth with metal reinforcements, and in patients with a deep overbite, they may constitute an occlusal barrier. Hygiene of tangential surfaces and area near the gingivae is also of great importance. If the crown gingival edge does not fit appropriately, it may inhibit the vertical growth of the process. The adhesive bridge is likely to fail frequently in patients who bite hard food with their front teeth. This solution can be applied in patients who comply with recommendations regarding hygiene and nutrition, who regularly present at follow-up visits and in whom the growth spurt has ended. A thick-wire appliance made of 1.1" wire with an attached crown is a solution that is less frequently described in the publications (18). There is also a modification with an additional palatal arch to allow adjustment of the intermolar width, as well as a modification with a Nance plate to increase stability. This appliance is attached with orthodontic rings to molars, and therefore it can pose problems for dentists who have no experience with orthodontic materials. This is an alternative to the two previous types of restoration, and it additionally solves their main problems. First of all, as it is permanently fixed in the

z drutu 1,1” z dostawioną koroną (18). Występuje również modyfikacja z dodatkowym łukiem podniebiennym, która pozwala na dopasowywanie szerokości międzytrzonowcowej, a także modyfikacja z płytką Nance’a zwiększająca stabilność. Aparat ten, ze względu na umocowanie za pomocą pierścieni ortodontycznych do trzonowców, może sprawiać trudności stomatologom, którzy nie mają doświadczenia z materiałami ortodontycznymi. Jest to alternatywa dla dwóch poprzednich uzupełnień, która dodatkowo rozwiązuje ich główne problemy. Przede wszystkim, dzięki stałemu umocowaniu w jamie ustnej, jest chętniej akceptowana przez pacjentów. Pozwala uzyskać zadowalający efekt estetyczny, bez konieczności sztywnego obustronnego mocowania do sąsiadujących zębów, co pozwala na łatwiejsze utrzymanie prawidłowej higieny. To rozwiązanie jest odpowiednie dla pacjentów rosnących, z niedostateczną higieną jamy ustnej lub tych, którzy wymagają leczenia ortodontycznego. Ze względu na brak obustronnego sztywnego łączenia rozwój przedniego odcinka łuku zębowego pozostaje niezaburzony w wymiarze poprzecznym i pionowym. Ponadto aparat jest łatwy w demontażu, możliwe jest jego dopasowanie w okolicy korony protetycznej tak, aby korona nie blokowała pionowego wzrostu wyrostka, a następnie ponowne zacementowanie go w jamie ustnej. Korzystne jest zastosowanie modyfikacji z wykorzystaniem płytki Nance’a, która może być wykorzystana podczas leczenia ortodontycznego zgodnie z jej pierwotnym przeznaczeniem (19).

Rozwiązaniem, które również może być wykorzystywane u pacjentów po dekoronacji jest konstrukcja oparta na mikroimplantach ortodontycznych wkręconych w kość podniebienia. Korona kompozytowa bądź akrylowa zostaje połączona z jednym lub dwoma mikroimplantami za pomocą grubego łuku stalowego oraz gotowych łączników. Takie rozwiązanie zapewnia odpowiednią stabilność, estetykę oraz łatwość utrzymania higieny. Pozwala na dalszy wzrost kości wyrostka zębodołowego w przypadku pacjentów rosnących. Wadą jest wysoki koszt całej konstrukcji (20, 21).

Ważne jest, aby u rosnących pacjentów, niezależnie od zastosowanego rozwiązania, zachować niewielką przestrzeń między szczytem wyrostka zębodołowego, pod którym jest pozostałość korzenia, a powierzchnią dodziąsłową korony, tak aby umożliwić pionowy wzrost kości wyrostka (17).

### **Wpływ dekoronacji na kość wyrostka zębodołowego**

W przeprowadzonych badaniach dotyczących wpływu dekoronacji na objętość wyrostka zębodołowego u pacjentów rosnących wykazano, że ta metoda pozwala nie tylko zachować objętość kości, ale przeciętnie w 2–3 letnim okresie po dekoronacji wykazano wzrost wyrostka zębodołowego o 1 mm w wymiarze pionowym (7). Tsukiboshi i wsp. sugerują, że utratę kości wyrostka zębodołowego można postrzegać jako objętość kości zależną od zęba (TDBV – Tooth Dependent Bone Volume) oraz jako objętość kości niezależną od zęba (TIBV – Tooth Independent Bone Volume).

oral cavity, it is more accepted by patients. This appliance allows for satisfactory aesthetic outcomes, and there is no need to fix it rigidly to adjacent teeth on both sides, therefore, maintaining proper hygiene is easier. This solution is suitable for growing patients with poor oral hygiene or those who require orthodontic treatment. Due to the lack of rigid bilateral connection, the development of the anterior section of the dental arch remains undisturbed in both transverse and vertical dimensions. Moreover, the appliance is easy to dismantle, it is possible to fit it near a prosthetic crown so that the crown does not block the vertical growth of the process and then it can be cemented back in the mouth. It is beneficial to apply a modification using the Nance plate, and it can be used during orthodontic treatment according to its original purpose (19).

A construction based on orthodontic microimplants screwed into the palatal bone is a solution that can also be used in patients after decoronation. A composite or acrylic crown is connected to one or two microimplants with a thick steel arch and ready abutments. This solution ensures appropriate stability, aesthetics and helps maintain hygiene. It allows for further growth of the alveolar process bone in case of growing patients. High cost of the whole design is one of the disadvantages (20, 21).

For growing patients, it is essential, regardless of a solution used, to maintain a small space between the apex of the alveolar process, under which there is a residual root, and the gingival surface of the crown to allow vertical growth of the alveolar process bone (17).

### **Effects of decoronation on the alveolar process bone**

Studies on the effects of decoronation on the alveolar process volume in growing patients have shown that this method not only preserves the bone volume, but the alveolar process showed a vertical growth of 1 mm on average, during the 2–3 year period after decoronation (7). Tsukiboshi et al. suggest that the alveolar bone loss can be seen as a Tooth Dependent Bone Volume (TDBV) and Tooth Independent Bone Volume (TIBV). TIBV is defined as bone volume that is present regardless of the presence of teeth, and its morphology is genetically determined. On the other hand, TDBV is defined as the volume of bone lost after tooth extraction or after the loss of periodontal viability. In the case of decoronation, there is a much smaller reduction in bone volume due to the preserved root, and therefore, in contrast to extraction, the loss of TDBV is minimised (11). The shape and volume of bone from the palatal side were shown to remain unchanged despite the presence of root resorption (14). Such a course of changes in the maxillary alveolar process can be explained by its natural growth pattern. The maxillary growth and development consist of three mechanisms: 1) bone deposits within the sutures, 2) apposition and resorption processes within the maxillary bones, 3) tooth eruption. The bone

TIBV definiują jako objętość kości, która jest utrzymywana niezależnie od obecności zębów, a jej morfologia jest uwarunkowana genetycznie. Z kolei TDBV określa się jako objętość kości utraconą po ekstrakcji zęba lub po utracie żywotności ozębnej. W przypadku dekoronacji dochodzi do znacznie mniejszej redukcji objętości kości ze względu na zachowany korzeń, a zatem, w przeciwieństwie do ekstrakcji, utrata TDBV jest zminimalizowana (11). Wykazano dodatkowo, że kształt i objętość kości od strony podniebiennej pozostaje niezmienną mimo występowania resorpcji korzenia (14). Wyjaśnieniem takiego przebiegu zmian w obrębie wyrostka zębodołowego szczęki jest jej naturalny wzorzec wzrostu. Wzrost i rozwój szczęki składa się z trzech mechanizmów: 1) odkładanie kości w obrębie szwów, 2) procesy apozycji i resorpcji w obrębie kości szczęki, 3) wyrzynanie zębów. Proces resorpcji kości zachodzi w przednim rejonie szczęki, pod kolcem nosowym przednim oraz na dnie jamy nosowej. Natomiast proces apozycji kości przebiega od strony podniebiennej szczęki (11). Te miejsca są określane jako TIBV. Nieco więcej uwagi należy poświęcić mechanizmowi wzrostu kości, który jest związany z wyrzynaniem się zębów. W przypadku zęba objętego ankylozą jego wyrzynanie i wzrost wyrostka są zablokowane. Podczas dekoronacji, wraz z odcięciem korony 1,5–2 mm poniżej brzegu wyrostka, dochodzi do przerwania międzyzębowych włókien ozębnej. W trakcie gojenia zostaje utworzona nowa okostna uformowana ponad korzeniem, a włókna międzyzębowe ulegają reorganizacji między sąsiednimi zębami. Wyrzynające się zęby sąsiednie są połączone z okostną pokrywającą korzeń oraz z włóknami dziąsłowymi przyczepiającymi się do grzbietu wyrostka i brodawek dziąsłowych. Obie struktury mogą wytwarzać siłę ciągnącą, która spowoduje przyrost kości na szczycie wyrostka zębodołowego (14).

Niewiele badań dotyczących zębów poddanych dekoronacji dotyczy analizy wymiaru przedsionkowo-podniebiennego. W tych, które przeprowadzono u młodych ludzi wykazano zmniejszenie tego wymiaru o średnio 1,67 mm, w porównaniu do zdrowego jednoimiennego zęba w ciągu średnio 4 lat (22). Malmgren i wsp. wykazali korzystne zachowanie szerokości grzbietu wyrostka (15, 23). W przeglądzie systematycznym, który dotyczy ekstrakcji zębów z powodów innych niż ankyloza lub choroby przyzębia, odnotowano średnią resorpcję kości wyrostka zębodołowego o szerokość 3,8 mm i wysokość 1,24 mm w ciągu pierwszych sześciu miesięcy po ekstrakcji (24). W innych badaniach stwierdzono 50% zmniejszenie szerokości policzkowo-językowej po ekstrakcji pojedynczego zęba po 12 miesiącach, z czego w ciągu 3 miesięcy dochodzi do redukcji 2/3 podawanej szerokości (25). Ponadto ekstrakcja zębów ankylotycznych sprzyja większej śródzabiegowej utracie kości wyrostka zębodołowego niż ekstrakcja zębów z prawidłową ozębną. Większa utrata kości utrudnia rehabilitację wyrostka zębodołowego. Korekta następstw po ekstrakcji zębów z

resorption process takes place in the anterior region of the maxilla, below the anterior nasal spine and at the bottom of the nasal cavity. In contrast, the process of bone apposition takes place from the palatal side of the maxilla (11). These places are referred to as TIBV. Slightly more attention should be paid to the mechanism of bone growth that is related to tooth eruption. In the case of an ankylotic tooth, its eruption and growth are blocked. During decoronation, interdental periodontal fibres are ruptured when the crown is cut 1.5–2 mm below the edge of the alveolar process. During the healing process, new periosteum is formed above the root, and interdental fibres are reorganised between adjacent teeth. Adjacent teeth undergoing eruption are connected to the periosteum covering the root and to gingival fibres attached to the dorsal aspect of the process and gingival papillae. Both structures can produce a pulling force that will cause bone growth at the apex of the alveolar process (14).

There are only few studies concerning teeth subject to decoronation and the analysis of vestibulo-palatal dimensions. Studies conducted in young people have shown reduction of this dimension by 1.67 mm on average, compared to a healthy homonymous tooth over the average of 4 years (22). Malmgren et al. showed favourable effects on the dorsal width of the process (15, 23). In the systematic review, which concerns tooth extraction for reasons other than ankylosis or periodontal diseases, average resorption of the alveolar process bone was 3.8 mm in the width and 1.24 mm in terms of height during the first six months after extraction (24). Other studies found 50% reduction in the buccolingual width after extraction of a single tooth after 12 months, and regarding this, there is reduction of 2/3 of this width within 3 months (25). Moreover, the extraction of ankylotic teeth favours greater intraprocedural bone loss of the alveolar process than extraction of teeth with normal periodontium. More significant bone loss impairs the rehabilitation of the alveolar process. The correction of consequences after extraction of ankylotic teeth usually requires the use of soft and hard tissue grafts, and it translates into increased treatment invasiveness and costs (15).

The use of decoronation reduces bone resorption and allows for implant-prosthetic rehabilitation, but according to Calasans-Maia, soft tissue and bone augmentation procedures are additionally required to achieve secondary stability and implant coverage (26).

#### Orthodontic space closure

So far, no studies have been published on the displacement of another tooth to the place of a tooth undergoing decoronation. During the literature review, one case report was found regarding the closure of space after tooth 11 subject to decoronation by mesialisation of teeth 12 and 13. Orthodontic treatment was started in a 12-year-old female patient, two years after decoronation. Dental X-ray performed



ankylozą zwykle wymaga zastosowania przeszczepów tkanek miękkich i twardych, co przekłada się na zwiększenie inwazyjności i wzrost kosztów leczenia (15).

Zastosowanie dekoronacji zmniejsza resorpcję kości i pozwala zastosować rehabilitację implantoprotetyczną, ale wg Calasans-Maia wymagane są dodatkowo zabiegi augmentacyjne tkanek miękkich i kości potrzebne do osiągnięcia stabilności wtórnej i pokrycia implantu (26).

### **Ortodontyczne zamknięcie luki**

Jak dotąd nie opublikowano badań dotyczących przesunięcia innego zęba w miejsce zęba poddanego dekoronacji. Podczas przeglądu piśmiennictwa znaleziono jeden opis przypadku dotyczący zamknięcia luki po dekorowanym zębie 11 przez mezjalizację zębów 12 i 13. Leczenie ortodontyczne zostało rozpoczęte u pacjentki w wieku 12 lat, dwa lata po zabiegu dekoronacji. RTG zębowe wykonane przed leczeniem ortodontycznym wykazało pozostałości korzenia zęba 11. Na RTG wykonanym w wieku 18 lat, trzy lata po leczeniu ortodontycznym, ilość tkanek korzenia zęba 11 była szczątkowa, a zmezjalizowany ząb 12 miał prawidłowy obraz tkanek przyzębia (27). W piśmiennictwie częściej opisywaną metodą postępowania jest ekstrakcja ankiłotycznego zęba i ortodontyczne zamknięcie luki (8, 28–30). Takie rozwiązanie ma zastosowanie u tych pacjentów, u których dodatkowo wskazane są ekstrakcje z powodu zaburzeń ortodontycznych. Leczenie ortodontyczne powinno się rozpocząć bezpośrednio po usunięciu zęba. Zwłoka w działaniu może doprowadzić do szybkiej utraty kości wyrostka zębodołowego, co może utrudnić przesunięcie w to miejsce innego zęba (31). Ortodontyczne zamknięcie luki zapewnia pacjentowi długoterminowe rozwiązanie, które można przeprowadzić już w okresie późnego uzębienia stałego, dzięki czemu pacjent unika tymczasowej odbudowy protetycznej, która jest konieczna w przypadku przeprowadzenia jedynie dekoronacji. Warunkiem zastosowania tej metody jest obecność zaburzeń ortodontycznych, które są wskazaniem do ekstrakcji zębów stałych. Dodatkowo u pacjentów z prawidłowym zgryzem może wymagać ekstrakcji wyrównawczych w łuku przeciwnym, co może być trudne do zaakceptowania przez pacjenta.

### **Implanty**

Dekoronacja jest metodą, która stanowi przygotowanie podłoża protetycznego do odbudowy docelowej. Najczęstszym rozwiązaniem jest zastosowanie implantów protetycznych. Wykazano, że wprowadzenie implantów w kontakcie z tkankami korzenia nie zmniejsza odsetka powodzeń (7). Ze względu na wspólne pochodzenie filogenetyczne tkanek zęba i kości, wprowadzenie implantu w miejscu, w którym zostały resztki korzenia nie ma negatywnego wpływu na proces wlgajania wszczepu (16). Opublikowano przypadki opisujące dekoronację z natychmiastową implantacją u pacjentów z zaawansowaną

prior to orthodontic treatment showed remains of roots of tooth 11. In an X-ray performed at the age of 18 years, three years after orthodontic treatment, the amount of root tissue of tooth 11 was residual and periodontal tissues near tooth 12 subject to mesialisation were normal (27). In the literature, extraction of an ankylotic tooth and orthodontic space closure is more frequently described (8, 28–30). This solution is applicable in those patients in whom extractions for orthodontic reasons are additionally indicated. Orthodontic treatment should start immediately after tooth extraction. Delayed treatment may lead to a rapid loss of the alveolar process bone, which may make it difficult to move another tooth to this place (31). Orthodontic space closure provides the patient with a long-term solution that can be performed as early as in the period of late permanent dentition. Therefore, a patient avoids temporary prosthetic restoration that is necessary when decoronation alone is performed. The presence of orthodontic disorders which are an indication for the extraction of permanent teeth have to be present, so this method could be used. In addition, in patients with normal occlusion compensatory extraction in the opposite arch may be required, and it may be difficult for the patient to accept.

### **Implants**

Decoronation is a method used to prepare the prosthetic base for target restoration. The use of prosthetic implants is the most common solution. The introduction of implants in contact with root tissues has been demonstrated not to reduce the success rate (7). As the tooth and bone tissues have a common phylogenetic origin, the insertion of an implant into the place where there are residual root tissues has no negative impact on the implantation process (16). There are publications of cases describing decoronation combined with immediate implantation in patients with advanced replacement resorption and completed growth (32). The procedure of implantation of a dental graft does not differ in any way from scheduled treatment in a patient without previous decoronation. Places, where there is remaining root dentin, will be systematically replaced with the bone. When implants are placed immediately after decoronation, the bone volume and shape of soft tissues are more favourable. Similar outcomes are observed when implantation is delayed. There are no reports of implant failures in patients after decoronation (16).

### **Conclusions**

Decoronation is a method that can be used regardless of the patient's age if post-traumatic replacement resorption is observed. It has an advantage over other procedures because it is possible to maintain further process growth in growing patients, and in patients with completed growth, it is a preparation stage for dental implant treatment. It is

resorpcją wymienną i zakończonym wzrostem (32). Zabieg implantacji wszczepu zębowego niczym nie różni się od planowego leczenia u pacjenta bez wykonanej wcześniej dekoracji. Miejsca, w których pozostały resztki zębiny korzeniowej będą systematycznie zastępowane kością. Dzięki natychmiastowemu zastosowaniu implantów po dekoracji objętość kości i kształt tkanek miękkich są korzystniejsze. Podobne efekty występują, gdy wszczepienie implantu jest odroczone. Brak dotychczas doniesień o niepowodzeniu w stosowaniu implantów u pacjentów po dekoracji (16).

a much simpler surgical method than augmentation procedures. Due to the relatively small number of research publications and the lack of long-term follow-up, further studies are necessary.

## Wnioski

Dekoracja jest metodą, którą można zastosować niezależnie od wieku pacjenta, w przypadku stwierdzenia pourazowej resorpcji wymiennej. Ma ona przewagę nad innymi procedurami ze względu na możliwość utrzymania dalszego wzrostu wyrostka u rosnących pacjentów, a u pacjentów z zakończonym wzrostem stanowi przygotowanie do leczenia implantologicznego. Jest to znacznie prostsza metoda chirurgiczna niż zabiegi augmentacyjne. Ze względu na stosunkowo niewielką liczbę publikacji naukowych i brak długoterminowych obserwacji konieczne jest prowadzenie dalszych badań.

## Piśmiennictwo / References

- Andreasen JO, Bakland LK, Flores MT, Andreasen FM, Andersson L. Pourazowe uszkodzenia zębów. Elsevier 2012.
- Andersson L, Andreasen JO, Day P, Heithersay G, Trope M, DiAngelis AJ, Kenny DJ, Sigurdsson A, Bourguignon C, Flores MT, Hicks ML, Lenzi AR, Malmgren B, Moule AJ, Tsukiboshi M. Guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Pediatr Dent* 2017; 15: 412-9.
- Andreasen JO, Bakland LK, Matras RC, Andreasen FM. Traumatic intrusion of permanent teeth. Part 1. An epidemiological study of 216 intruded permanent teeth. *Dent Traumatol* 2006; 22: 83-9.
- Tsilingaridis G, Malmgren B, Andreasen JO, Wigen TI, Maseng Aas AL, Malmgren O. Scandinavian multicenter study on the treatment of 168 patients with 230 intruded permanent teeth – a retrospective cohort study. *Dent Traumatol* 2016; 32: 353-60.
- Lauridsen E, Andreasen JO, Bouaziz O, Andersson L. Risk of ankylosis of 400 avulsed and replanted human teeth in relation to length of dry storage: A re-evaluation of a long-term clinical study. *Dent Traumatol* 2020; 36: 108-16.
- Tsilingaridis G, Malmgren B, Skutberg C, Malmgren O. The effect of topical treatment with doxycycline compared to saline on 66 avulsed permanent teeth – a retrospective case-control study. *Dent Traumatol* 2015; 31: 171-6.
- Mohadeb JV, Somar M, He H. Effectiveness of decoronation technique in the treatment of ankylosis: A systematic review. *Dent Traumatol* 2016; 32: 255-63.
- Day PF, Kindelan SA, Spencer JR, Kindelan JD, Duggal MS. Dental trauma: part 2. Managing poor prognosis anterior teeth – treatment options for the subsequent space in a growing patient. *J Orthod* 2008; 35: 143-55.
- Malmgren B, Cvek M, Lundberg M, Frykholm A. Surgical treatment of ankylosed and inrapositioned reimplanted incisors in adolescents. *Scand J Dent Res* 1984; 92: 391-9.
- Andersson L, Blomlöf L, Lindskog S, Feiglin B, Hammarström L. Tooth ankylosis. clinical, radiographic and histological assessments. *Int J Oral Surg* 1984; 13: 423-31.
- Tsukiboshi M, Tsukiboshi T. Bone morphology after delayed tooth replantation – case series. *Dent Traumatol* 2014; 30: 477-83.
- Andersson L, Bodin I, Sörensen S. Progression of root resorption following replantation of human teeth after extended extraoral storage. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5: 38-47.
- Malmgren B, Malmgren O. Rate of infraposition of reimplanted ankylosed incisors related to age and growth in children and adolescents. *Dent Traumatol* 2002; 18: 28-36.

*The use of decoronation in cases of post-traumatic replacement resorption – a literature review*

14. Malmgren B, Tsilingaridis G, Malmgren O. Long-term follow up of 103 ankylosed permanent incisors surgically treated with decoronation – a retrospective cohort study. *Dent Traumatol* 2015; 31: 184-9.
15. Malmgren B, Malmgren O, Andreasen JO. Alveolar bone development after decoronation of ankylosed teeth. *Endodontic Topics* 2006; 14, 35-40.
16. Consolaro A, Ribeiro Júnior PD, Cardoso MA, Miranda DAO, Salfatis M. Decoronation followed by dental implants placement: fundamentals, applications and explanations. *Dental Press J Orthod* 2018; 23: 24-36.
17. Einy S, Kridin K, Kaufman AY, Cohenca N. Immediate post-operative rehabilitation after decoronation. A systematic review *Dent Traumatol* 2020; 36: 141-50.
18. Einy S, Kaufman AY, Yoshpe M, Philosoph N, Aizenbud D, Lin S. Decoronation of an ankylosed tooth: Postoperative restoration by means of an intermediate fixed orthodontic laboratory device. *Quintessence Int* 2018; 49: 239-44.
19. Bouchardet F, de Souza Gruppioni Cortes MI, Vilela Bastos J, Costa de Moraes Caldas IA, Caldas M, Franco A, Pessoa Vieira DN. The impact of tooth avulsion on daily life performance using the Brazilian OIDP index in children and young adults. *J Forensic Odontostomatol* 2014; 32: 9-14.
20. Storgård Jensen S. Timing of implant placement after traumatic dental injury. *Dent Traumatol* 2019; 35: 376-9.
21. Göllner P, Jung BA, Wehrbein H, Liechti T. New method of temporary rehabilitation after traumatic tooth loss in a juvenile patient: a case report. *Dent Traumatol* 2009; 25: 238-41.
22. Lin S, Schwarz-Arad D, Ashkenazi M. Alveolar bone width preservation after decoronation of ankylosed anterior incisors. *J Endod* 2013; 39: 1542-4.
23. Malmgren B. Ridge preservation/decoronation. *Pediatr Dent* 2013; 35: 164-9.
24. Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 1-21.
25. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following singletooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003; 23: 313-23.
26. Calasans-Maia JA, Neto AS, Batista MMD, Alves ATNN, Granjeiro JM, Calasans-Maia MD. Management of ankylosed young permanent incisors after trauma and prior to implant rehabilitation. *Oral Surg* 2013; 7: 45-51.
27. Walia T, Chandwani N. Long-term management of an ankylosed young permanent incisor replanted within 2 h of avulsion: A case report with a 10-year follow-up. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2019; 37: 99-106.
28. Sapir S, Shapira J. Decoronation for the management of an ankylosed young permanent tooth. *Dent Traumatol* 2008; 24: 131-5.
29. Sabri R. Treatment of a class I crowded malocclusion with an ankylosed maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122: 557-65.
30. Schneider U, Moser L. Atypical extraction treatment for failing replanted maxillary and mandibular incisors with space closure of 2 mandibular incisors in the same quadrant. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2020; 157: 117-27.
31. Sigurdsson A. Decoronation as an approach to treat ankylosis in growing children. *Pediatr Dent* 2009; 31: 123-8.
32. Davarpanah M, Szmukler-Moncler S. Unconventional implant treatment: I. Implant placement in contact with ankylosed root fragments. A series of five case reports. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 851-6.