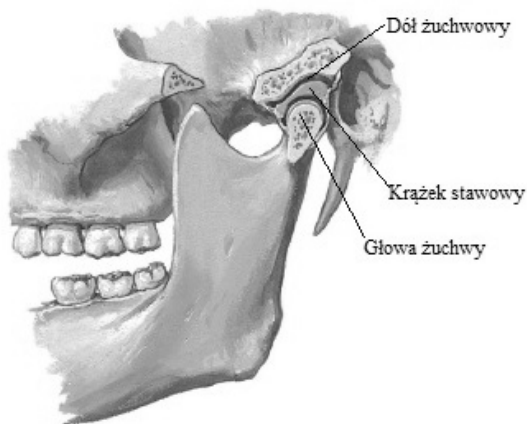




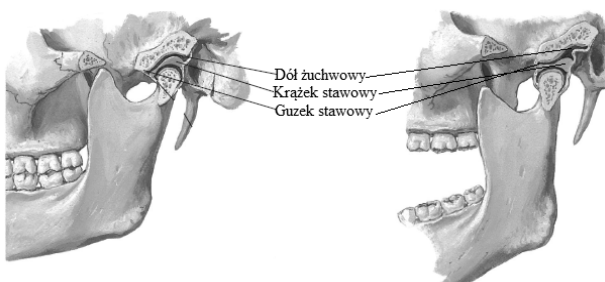
W stanie spoczynku żuchwy, zęby górne i dolne nieściśle przylegają do siebie, głowa żuchwy nie spoczywa w głębi dołka stawowego. Przylega ona do tylnej powierzchni guzka stawowego i oddzielona jest od niego tylko przednią częścią krążka stawowego (rys. 2). W pozycji leżącej, kiedy głowa przechylona jest ku tyłowi głowa żuchwy opuszcza się głębiej do dołka stawowego.



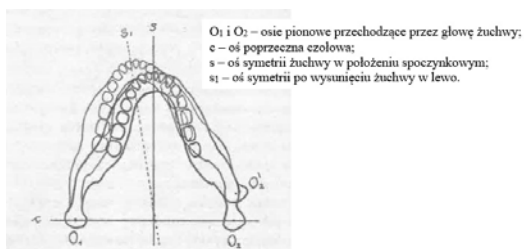
Rys. 2. Staw skroniowo-żuchwowy: szczęki lekko otwarte [4]

W pierwszym rodzaju ruchu, w czasie wysuwania żuchwy, głowa wraz z krążkiem stawowym ześlizguje się z dołka stawowego wzdłuż tylnej powierzchni guzka, ustawiając się na jego szczycie (dolne siekacze ustawiają się przed górne).

W drugim ruchu, w czasie otwierania ust, ruch ślizgowy w górnej komorze łączy się z ruchem zawiasowym (rotacją) w komorze dolnej, przy czym odbywa się to synchronicznie. Głowa żuchwy ześlizguje się wraz z krążkiem z dołka na guzek, a równocześnie obraca się na dolnej powierzchni krążka. Obrót ten jest ruchem zawiasowym, gdyż odbywa się w stosunku do osi biegnącej poprzecznie przez głowę żuchwy. W tym ruchu górne i dolne zęby oddalają się od siebie, a usta otwierają się.



Rys.3. Staw skroniowo-żuchwowy: a) zęby zwarte; b) zęby szeroko rozwarłe [4]



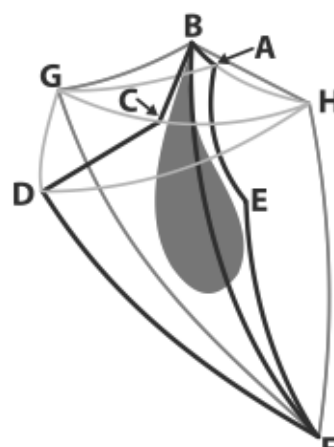
Rys. 4. Staw skroniowo-żuchwowy: wysunięcie żuchwy w lewo [5]

Podczas żucia, żuchwa przesuwana się bocznie. Obraca się ona wzdłuż osi pionowej przechodzącej przez głowę żuchwy. Bródka przesuwana się w stronę tej głowy, która

pozostaje w dołku stawowym i wykonuje obrót. W drugim stawie krążek stawowy wraz z głową wędrują na guzek stawowy. [1, 5]

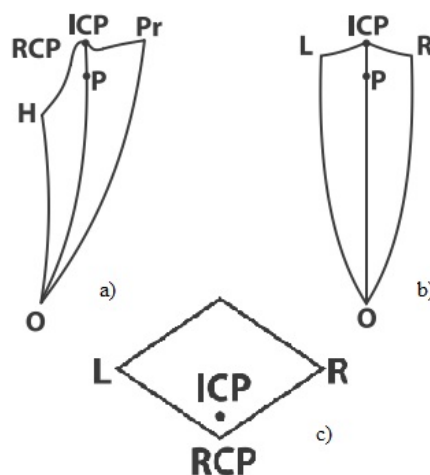
Większość fizjologicznych ruchów żuchwy stanowi przestrzenną wypadkową ruchów translacyjnych w górnym piętrze stawu i ruchów rotacyjnych w dolnym piętrze. Ruchy wokół osi pionowej oraz strzałkowej nie występują w sposób izolowany, natomiast czysty ruch rotacyjny występuje tylko względem osi poziomej. Zakresy ruchów żuchwy są determinowane poprzez więzadła, powierzchnie stawowe, ale również cechy morfologiczne łuków żębowych. Sposób przemieszczania się żuchwy ilustruje się najczęściej w postaci tzw. Diagramów Posselta.

Diagram Posselta (1952 r.) przedstawia trójwymiarową bryłę, która ilustruje w swoim zewnętrznym zarysie kształt odpowiadający przemieszczeniu punktu siecznego (zlokalizowany na styku brzegów siecznych siekaczy dolnych i górnych) pomiędzy położeniami skrajnymi (rys. 5). Wnętrze bryły odpowiada ruchom możliwym do wykonania pomiędzy tymi położeniami, we wszystkich trzech płaszczyznach.[3]



Rys.5. Diagram Posselta – widok trójwymiarowy [3]

Diagram Posselta przedstawia się częściej w postaci rozdzielonych figur obrazujących ruchy punktu siecznego w poszczególnych płaszczyznach, gdzie każdy z punktów opisuje konkretne położenie punktu siecznego (rys. 6).



Rys.6. Diagramy Posselta: a) płaszczyzna strzałkowa; płaszczyzna czołowa; c) płaszczyzna horyzontalna [3]

ICP – maksymalne zaguzkowanie zębów bocznych (Okluzja centralna);  
Pr – maksymalna protruzja (wysunięcie żuchwy);  
RCP – dotylne położenie kontaktowe;

H – maksymalne odwiedzenie żuchwy do dołu przy czystym ruchu rotacyjnym w stawie;

O – maksymalne odwiedzenie żuchwy do dołu;

L,R – maksymalna laterotruzja (odwodzenie boczne) lewa, prawa;

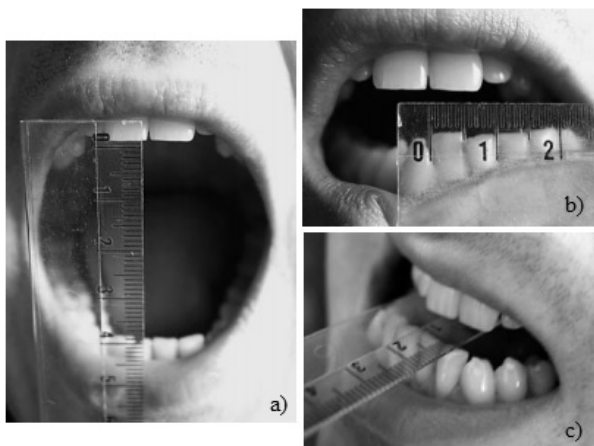
P – spoczynkowe położenie żuchwy

Analizując rysunek 6a, z pozycji okluzji centralnej (ICP), żuchwa może przemieszczać się w znacznym stopniu do przodu do punktu maksymalnej protruzji (Pr), pokonując po drodze miejsce kontaktu brzegów siecznych siekaczy górnych i dolnych. Z pozycji okluzji centralnej, żuchwa może się również nieznacznie przemieszczać w kierunku dotylnym do punktu RCP. Odwodzenie żuchwy z tego punktu do H związane jest wyłącznie z wykorzystaniem ruchu rotacyjnego w stawach. Dalszy ruch opuszczania żuchwy, aż do maksymalnego odwiedzenia (punkt O), związany jest natomiast z ruchem ślizgowym.

### Metody pomiaru przemieszczeń żuchwy

Obecne metody pomiaru ruchomości żuchwy można podzielić na podstawowe dostępne każdemu lekarzowi i specjalistyczne wymagające dodatkowej wiedzy i aparatury.

Do badań podstawowych zaliczyć można np. badanie ruchomości żuchwy za pomocą miarki milimetrowej lub linijki. Pomiar dokonuje się z pozycji spoczynkowej stawu w pozycji siedzącej. Pomiar rozpoczyna się od badania zakresu ruchu odwodzenia żuchwy. Dokonuje się go między brzegami siecznymi przyśrodkowych zębów siecznych górnych i dolnych w linii środkowej przy maksymalnym odwiedzeniu żuchwy (rys. 7a). Zakres ruchów bocznych mierzy się, określając odległość między linią środkową szczęki i żuchwy przy maksymalnym boczny przemieszczeniu żuchwy (rys. 7b). Wysuwanie żuchwy określa się mierząc odległość między wargową powierzchnią zębów siecznych górnych i językową powierzchnią zębów siecznych dolnych przy maksymalnym wysunięciu żuchwy, przy minimalnej odległości między zębami górnymi i dolnymi (rys. 7c). [2]

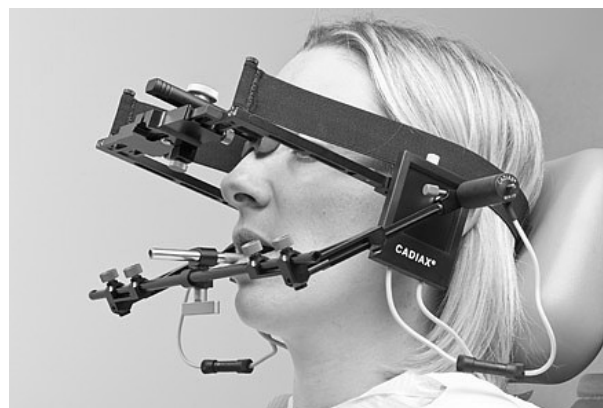


Rys.7. Przykład pomiaru ruchomości żuchwy przy użyciu linijki: a) maksymalne odwiedzenie; b) boczne przemieszczenie; c) ruch doprzodni [2]

Wśród badań specjalistycznych można wyróżnić np. pomiary wolnych ruchów żuchwy, monitorowanie punktu siecznego (jaw tracking) lub głów żuchwy. W przypadku monitorowania istnieje możliwość oceny położenia osi zawiasowej stawu oraz przemieszczeń kłykci podczas ruchów ekscentrycznych i przeniesienie tych wartości do artykulatora. Wśród obecnych na rynku urządzeń pomiarowych najczęściej wymieniane są: Cadiax firmy *Gamma Dental* oraz Arcus digma firmy *KaVo*.

Cadiax rejestruje i przechowuje graniczne ruchy stawu skroniowo-żuchwowego: protruzję, ruchy boczne oraz

odwodzenie i przywodzenie. Koncepcja urządzenia oparta jest na budowie anatomicznych łuków twarzowych wykorzystywanych w protetyce. Ruchy żuchwy przenoszone są przez szpilki rejestracyjne na elektroniczne matryce zamontowane na skroniach pacjenta. Pomiar ruchów żuchwy przy użyciu narzędzi tego urządzenia rejestrowany jest na płaszczyźnie strzałkowej obustronnie w trzech wymiarach, uwzględniając 6° swobody z dokładnością do 0,1mm (rys. 8). Dane są rejestrowane, przetwarzane i wyświetlane na ekranie komputera.[7]



Rys.8. Rejestracja ruchów żuchwy za pomocą Cadiax'a [7]

Elektroniczny łuk twarzowy systemu Arcus digma pozwala na zapis badania przemieszczenia żuchwy pacjenta w czasie rzeczywistym dzięki systemowi emisji fal ultradźwiękowych. Cztery emitery fal, oraz osiem mikrofonów odbiorczych umożliwia dokładne prowadzenie pomiarów. System pozwala na szybka diagnostykę zakresu ruchów żuchwy w stawie skroniowo-żuchwowym, jak również na komputerowe przetworzenie tych danych w celu zastosowania ich w trakcie leczenia protetycznego pacjentów. System współpracuje bezpośrednio z komputerem za pomocą interfejsu USB, lub też bezprzewodowo, przesyłając dane w czasie rzeczywistym (rys. 9).[6]



Rys.9. Rejestracja ruchów żuchwy za pomocą Arcus Digma [6]

Zarówno Cadiax, jak i Arcus digma wyznaczają oś rotacji wyrostka kłykciowego i na tej podstawie dokonują pomiarów ruchu żuchwy. Nie dają one niestety żadnej informacji na temat powierzchni stawowych oraz krążka stawowego. Dodatkowo skomplikowana budowa jak i sposób montażu sprawiają, że badanie jest niekomfortowe dla pacjenta.

## Pomiar przemieszczenia ruchu żuchwy – biomechaniczne założenia projektowe

W pierwszej kolejności należy mieć na uwadze naturalność ruchu żuchwy, należy zatem zapewnić pacjentowi odpowiednie warunki. Badanie powinno być przeprowadzane w naturalnych warunkach oświetleniowych, biorąc pod uwagę fakt, że oświetlenie gabinetów stomatologicznych imituje naturalne oświetlenie dzienne. Osoba poddawana badaniu musi przyjmować pozycję siedzącą lub stojącą najlepiej przed lustrem, patrząc wprost we własne odbicie, bez unieruchamiania głowy. Cały układ pomiarowy nie powinien wprowadzać dyskomfortu pacjenta. Wielkość elementów całego układu nie powinna zaburzać geometrii wewnątrz jamy ustnej i na zewnątrz. Ani masa, ani kształt elementów układu nie mogą wymuszać określonych ruchów, ani ich uniemożliwiać. Badanie ma obejmować cały zakres kinematyki żuchwy od zębów zagryzionych po pełne rozwarcia, ruchy boczne, biorąc pod uwagę również osoby z brakami w uzębieniu i ze zgryzami głębokimi.

Aby móc wprowadzić układ do gabinetów stomatologicznych, należy rozważyć wykorzystanie elementów oraz urządzeń, które są rozpowszechnione w klinikach stomatologicznych i laboratoriach protetycznych. Na przykład poprzez zamocowanie elementów układu, które będą musiały znajdować się w jamie ustnej, na powszechnie używanych w ortodoncji zamkach ortodontycznych. Wykorzystanie tomografii CBCT, skanerów wewnątrzustnych lub laboratoryjnych do pozyskiwania dokładnych modeli łuków zębowych. Zastosowanie możliwości pracowni protetycznych czy ortodontycznych mających odpowiednie oprogramowanie do wytwarzania nakładek pozycjonujących zamki ortodontyczne. Jakiegokolwiek zwiększenie ilości elementów niezbędnych do montażu lub urządzeń potrzebnych do całego badania może spowodować, że czas pracy potrzebny na przygotowanie badania przekroczy czas wykonywania korekt na uzupełnieniach dotychczasowymi metodami, czego efektem będzie mały popyt na nowe rozwiązanie. Należy również brać pod uwagę sterylność elementów układu pomiarowego. Powinny być one jałowe, czyli odporne na procesy sterylizacji. Można rozważyć ewentualnie jednorazowe użycie niektórych części.

## Podsumowanie

Budowa oraz biomechanika stawu skroniowo-żuchwowego są na tyle skomplikowane, że nie możliwy jest dokładny pomiar przemieszczeń żuchwy względem szczęki w sposób prosty, bez wykorzystania możliwości dzisiejszej technologii. A pominięcie tak ważnego aspektu jakim jest budowa i przemieszczenia poszczególnych elementów stawu skroniowo-żuchwowego, eliminuje możliwość pełnej diagnostyki oraz zaplanowania leczenia np. osób z wadami zgryzu. Projekt POIR.04.01.02-00-0029/17, którego częścią jest badanie ruchomości żuchwy, ma na celu opracowanie trójwymiarowego modelu stawu skroniowo-żuchwowego w celu odwzorowania działania aparatu kostno-chrzęstno-więzadłowego na potrzeby protetyki, ortodoncji i chirurgii ortognatycznej.

**Autorzy:** mgr inż. Kamila Jadczak, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Systemów Elektronicznych, ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, E-mail: [kamila.jadczak@wat.edu.pl](mailto:kamila.jadczak@wat.edu.pl);

mgr inż. Rafał Białek, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Systemów Elektronicznych, ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, E-mail: [rafal.bialek@wat.edu.pl](mailto:rafal.bialek@wat.edu.pl);

dr inż. Michał Wiśnios, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Systemów Elektronicznych, ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, E-mail: [michal.wisnios@wat.edu.pl](mailto:michal.wisnios@wat.edu.pl);

dr hab. inż. Marek Kuchta, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Systemów Elektronicznych, ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, E-mail: [marek.kuchta@wat.edu.pl](mailto:marek.kuchta@wat.edu.pl);

## LITERATURA

- [1] Bochenek A., Reicher M. "Anatomia człowieka, tom I." Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa (2008)
- [2] Dominiak P., Kalecińska E., Dominiak M., Krawczykowska, H. *Obiektywna ocena zakresu ruchomości żuchwy na podstawie pomiarów liniowych – zasady pomiarów i interpretacja.* Dent. Med. Probl, 43(1), 121-125 (2006)
- [3] Loster J., Wieczorek A., Majewski S. *Ocena powtarzalności pozycji referencyjnej dla instrumentalnej analizy czynności stawów skroniowo-żuchwowych.* Protet. Stomatol., LXI, 3, 189-195 (2011)
- [4] Netter, Frank H. *Atlas anatomii człowieka Nettera.* Polskie mianownictwo anatomiczne. Elsevier Urban & Partner (2011)
- [5] Szukiewicz H., Lewandowski A. A., Zieliński J. R. *Zasady działania narządów ruchu,* Wydawnictwo AWF Warszawa (1977)
- [6] Oficjalna strona internetowa KAVO Dental Excellence [www.kavo.com/pl-pl/technika-dentystyczna/arcusdigma-artykulatory](http://www.kavo.com/pl-pl/technika-dentystyczna/arcusdigma-artykulatory) [dostęp: 24 września 2018]
- [7] Oficjalna strona internetowa GAMMA DENTAL [www.gammadental.com/en/jawtracking.html#slide2](http://www.gammadental.com/en/jawtracking.html#slide2) [dostęp: 24 września 2018]