

Mechanika żuchwy

(S)

I. Zagadnienia

1. Anatomia i fizjologia elementów ruchomych twarzoczaszki
2. Rejestracja cyfrowa i analiza obrazu
3. Opór elektryczny, tensometria, pomiary napięcia i natężenia prądu
4. Prawo Hooke'a, sprężystość materiałów

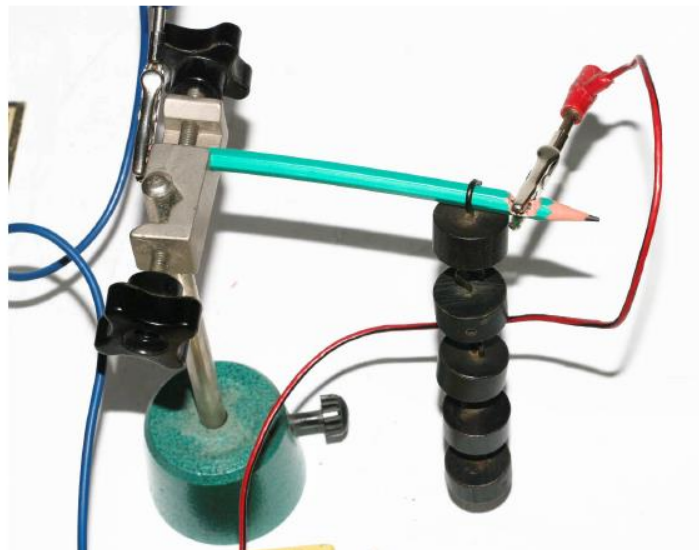
II. Zadania

1. Wykonanie wagi tensometrycznej i pomiar nieznaney masy.
2. Wykalibrowanie przyrządu do badania siły zgryzu i wyznaczenie siły zgryzu.
3. Rejestracja statycznych obrazów twarzy z zamkniętymi i maksymalnie otwartymi ustami oraz przy przemieszczeniu żuchwy maksymalnie w lewo i w prawo.
4. Przeprowadzenie pomiarów w celu określenia podstawowych zależności geometrycznych twarzy.
5. Ustalenie wielkości rozwarcia szczęk, asymetrii statycznej twarzy i przemieszczeń bocznych żuchwy oraz ich porównanie z normami fizjologicznymi.
6. Wykonanie dodatkowych pomiarów i obliczenie wielkości asymetrii dynamicznej twarzy wywołanej ruchami szczęk.

III. Wykonanie ćwiczenia

Część I - waga tensometryczna

Tensometrem nazywamy czujnik, który zmienia pewną wielkość (np. opór elektryczny) pod wpływem odkształcenia związanego z naprężeniem. Jednym z najprostszych przedmiotów możliwych do użycia jako tensometr jest ołówek elastyczny. Jego rysik jest wykonany z polimerów zmieszanych z grafitem. Dodatek polimerów zapewnia elastyczność rysika, ale również powoduje, iż pod wpływem naprężenia zmienia się jego opór. Naprężenie ołówka można uzyskać najprościej poprzez zawieszenie na jego jednym końcu ciężaru, podczas gdy drugie ramię jest zamontowane na sztywno w łapie metalowej. Pomiarów oporu dokonuje się omomierzem podpiętym przewodami zakończonymi krokodylkami do dwóch, naciętych (celem zapewnienia kontaktu z rysikiem) końców ołówka. Układ pomiarowy pokazany jest na rysunku 1.



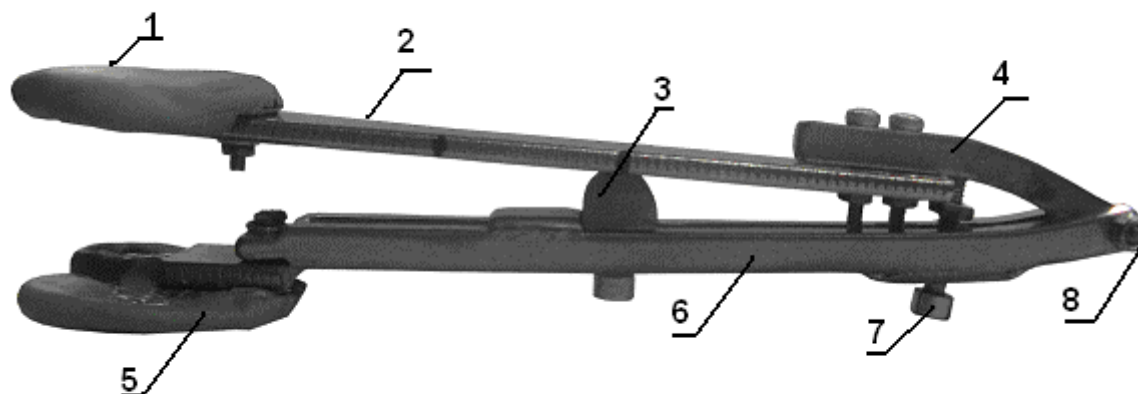
Rysunek 1: Waga tensometryczna z ołówka.

Przebieg pomiarów:

- zbudować układ pomiarowy jak na rysunku 1,
- dokonać pomiarów oporu rysika dla różnych obciążeń (zwiększając liczbę ciężarków),
- wykonać wykres zależności wskazań omomierza od zawieszonyj masy, dopasować do uzyskanych wyników funkcję liniową,
- dokonać pomiaru dla nieznanego obiektu otrzymanego od asystenta; w oparciu o dopasowaną prostą określić jego masę,
- przedyskutować dokładność i powtarzalność pomiarów.

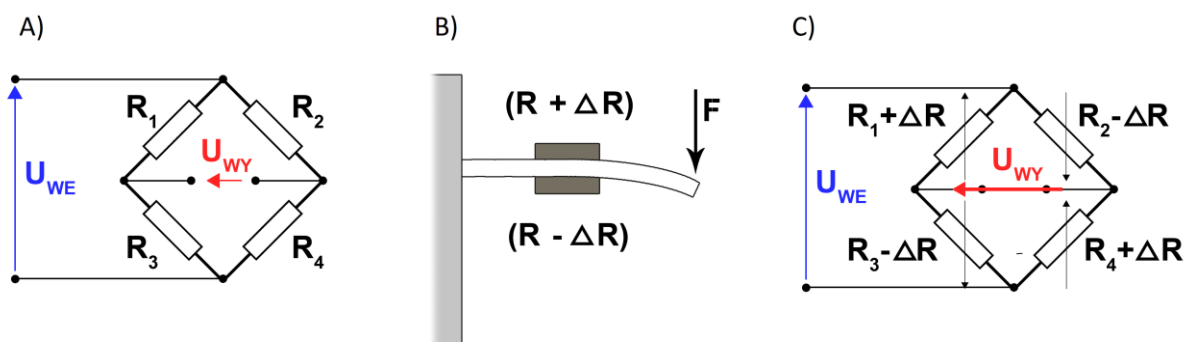
Część II - badanie siły zgryzu

Badanie siły zgryzu może dostarczyć wielu użytecznych informacji dla lekarza/ortodonta. Do podstawowego pomiaru siły zgryzu można użyć właśnie tensometru. W tym wypadku urządzenie pomiarowe nie będzie się składało z ołówka, lecz dwóch ramion (4,6) zamontowanych na wspólnym końcu śrubą (8). Do górnego ramienia przymocowana jest belka elastyczna (2), ulegająca odkształceniom podczas zgryzania stolików (1, 5). Urządzenie posiada również śrubę (7) do regulacji kąta rozwarcia oraz ruchomą podporę (3) umożliwiającą zmianę punktu podparcia elastycznej belki.



Rysunek 2: Urządzenie do badania siły zgryzu.

W powyższym układzie na belkę elastyczną (2) naklejone są czujniki tensometryczne - czujniki elektryczne których opór zmienia się podczas ich ściskania/rozciągania (zaawansowana technologicznie wersja ołówka ;). Uwaga! Staramy się ich nie uszkodzić! Aby pomiar uczynić czulszym na odkształcenia belki, użyto czterech czujników połączonych w układ zwany Mostkiem Wheatstone'a. Jest to układ 4 oporników połączonych w sposób przedstawiony na rysunku 3A.



Rysunek 3: A) układ mostka Wheatstone'a w stanie początkowym. R_1, R_2, R_3 i R_4 – opory kolejnych tensometrów. B) schematyczne ukazanie zmian oporów tensometrów po obu stronach uginanej belki. C) Zmiana oporów tensometrów w układzie mostka Wheatstone'a podczas zginania belki. Efektem jest wzrost napięcia wyjściowego U_{wy} (schematycznie zaznaczono to większą strzałką).

W układzie tym doprowadzamy napięcie wejściowe (U_{we} , z generatora prądu lub baterii) i odczytujemy wskazania napięcia wyjściowego. Zależy ono od wartości wszystkich oporów, czyli w nieobciążonym (nieściskanym) układzie będzie to jakaś, stała wartość. W naszym układzie dwa czujniki są naklejone na górnej części belki (będą ulegały rozciąganiu), a dwa na dolnej części (będą ulegały zginaniu/skracaniu). Tym samym dla dwóch z nich opór będzie wzrastał, a dla dwóch malał o taką samą wartość. Skoro zaś zmienia się opór tensometrów w naszym układzie, przestaje on być zrównoważony, co obserwujemy jako zmianę napięcia wyjściowego z układu (U_{wy}). Z poprzedniego doświadczenia wiemy, że im większe naprężenie (ściśnięcie), tym większa różnica oporu tensometru. A to się przekłada na odczytywane na wyjściu z układu napięcie (U_{wy}) zgodnie ze wzorem:

$$U_{wy} = U_{we} (\Delta R / R)$$

W naszym przypadku zainteresowani jesteśmy relacją pomiędzy napięciem wyjściowym z układu a siłą zgryzu powodującą zmianę oporu tensometrów. Aby poznać ją, musimy najpierw wykalibrować urządzenie działając znanymi siłami, a dopiero następnie dokonać pomiarów zgryzu.

Przebieg pomiarów:

- zmontować układ zgodnie ze schematem. U_{we} (końcówki zielone) podpiąć do generatora prądu, zaś U_{wy} (końcówki czerwone) do multimetru nastawionego na pomiar natężenia prądu w mA¹.
- ustawić wybraną przez siebie wartość napięcia wejściowego (U_{we}) - nie zmieniać jej podczas danej serii pomiarowej!
- dokonać pomiarów natężenia prądu na wyjściu z układu dla różnych obciążeń górnego ramienia (wykorzystać odważniki o znanej masie. Każdy odważnik wywiera na ramię siłę ciężkości równą $F = m \cdot g$).
- stworzyć wykres zależności natężenia prądu w miliamperomierzu od siły zginającej belkę, dopasować prostą do uzyskanych danych.
- dokonać pomiaru siły zgryzu dla jednej osoby z zespołu - wykorzystać jednorazowe nakładki silikonowe, przed i po pomiarze zdezynfekować zagryzane stoliki przy

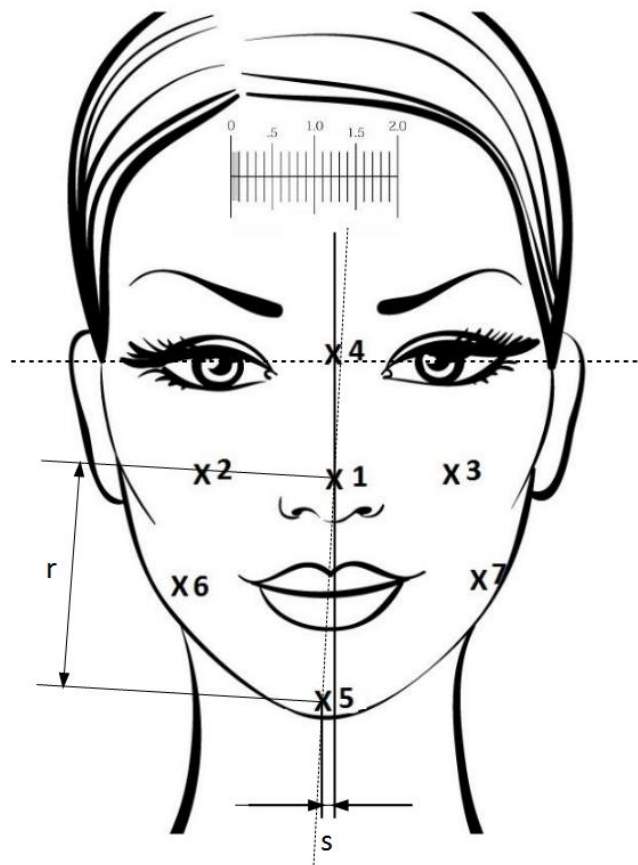
¹ Można dokonywać pomiarów zarówno napięcia, jak i natężenia prądu wyjściowego. Aby zmniejszyć ryzyko pomyłki sugerujemy mierzyć natężenie prądu I_{wy} , jednak pomiary napięcia U_{wy} dostarczą dokładniej taką samą informację.

pomocy alkoholu.

- w oparciu o równanie otrzymanej prostej wyznaczyć siłę zgryzu badanej osoby, porównać z wartościami literaturowymi.
- powtórzyć pomiary dla innej osoby dla innych parametrów układu (np. inne napięcie wejściowe, inne położenie śruby pod belką), przedyskutować konieczność (lub jej brak) kalibracji urządzeń pomiarowych.

Część III – mechanika żuchwy

Celem tej części ćwiczenia jest analiza ruchu elementów twarzoczaszki z wykorzystaniem zapisu cyfrowego obrazów twarzy w płaszczyźnie czołowej. Badania takie mogą mieć znaczenie dla określenia wad anatomicznych lub zmian pourazowych poprzedzających zabiegi chirurgiczne w ortodontcji i protetyce.



Rysunek 4. Rozkład znaczników umieszczonych na twarzy (opis w tekście). Dodatkowo na obrazie zaznaczono linie łączące punkty 1-4 (ciągła, wyznaczająca główną oś symetrii twarzy) i linię przechodzącą przez środki źrenic (przerywana).

1. Rejestracja obrazu statycznego twarzy w płaszczyźnie czołowej

Nakleić 7 znaczników **X** na twarzy osoby badanej w następujących miejscach (Rysunek 4):

1. Na czubku nosa
2. Na wystającej części prawej kości policzkowej
3. Na wystającej części lewej kości policzkowej (symetrycznie do prawej)
4. U nasady nosa, symetrycznie między oczami
5. Na najniższej części podbródka
6. Na dolnym brzegu prawego kąta żuchwy
7. Na dolnym brzegu lewego kąta żuchwy (symetrycznie do prawego znacznika)

Znaczniki 6. i 7. można przykleić bliżej ust, jeśli kamera ma problem z ich zarejestrowaniem. Skalę milimetrową służącą do późniejszej kalibracji obrazu cyfrowego należy przykleić na czole lub przytrzymać w trakcie rejestracji zdjęcia twarzy.

Kamerę ustawić na statywie naprzeciwko twarzy siedzącego studenta, w przybliżeniu na wysokości nosa; oś kamery powinna być prostopadła do „płaszczyzny” twarzy. Uruchomić program **ComproDTV** i postępować zgodnie z jego instrukcją.



Rysunek 5. a) przelącznik otwierający obiektyw kamery (ustawiony na pozycji CAMERA), b) przelącznik obok okularu ustawiony w pozycji StandBy.

W obecności asystenta podłączyć kamerę SONY do sieci. Otworzyć obiektyw (Rys. 2 a), przełącznik ustawiony na pozycji CAMERA oraz ustawić opcję StandBy (Rys. 2 b). Powiększenie kamery (ZOOM – dwa przyciski na górze obudowy) należy wyregulować tak, by obraz obejmował centralną część twarzy ze wszystkimi znacznikami i oczami oraz skalę pomiarową. Dla dwojga studentów rejestrujemy po jednym obrazie w pozycji maksymalnego otwarcia i maksymalnego zamknięcia ust (zęby powinny być zetknięte), a następnie przy maksymalnym przesunięciu żuchwy w lewo i w prawo (usta powinny być przy tym badaniu zamknięte). Każdy obraz zapisujemy w osobnym pliku w formacie **BMP** („nazwa”.bmp).

2. Analiza zarejestrowanych obrazów

W tej części ćwiczenia wykorzystujemy program *Pomiary*. Po otwarciu pierwszego zarejestrowanego obrazu należy wykorzystując skalę dokonać jego kalibracji, tj. ustalić ile punktów obrazu przypada na jednostkę długości (rozdzielczość obrazu). Jeżeli wszystkie obrazy były rejestrowane w tej samej pozycji twarzy i kamery i ustawienia powiększenia, przy kolejnych pomiarach kalibracja nie musi być powtarzana. W razie wątpliwości należy dokonać kalibracji dla każdego obrazu oddzielnie. Wszystkie wyniki pomiarów odległości i ich zmiany należy podawać w milimetrach.

a. Ocena wielkości uchyłu żuchwy i asymetrii statycznej twarzy

Na każdym z zarejestrowanych i wykalibrowanych obrazów wykonujemy następujące pomiary (wyniki umieszczamy w Tab. 1. w sprawozdaniu):

- odległość między czubkiem nosa i brodą (znaczniki 1 i 5)
- odległości znaczników 2, 3, 6 i 7 od linii łączącej punkty 1 – 4 (pod kątem prostym!)
- odległości obu źrenic od linii łączącej punkty 1 – 4

Jeżeli linia łącząca punkty 1 – 4 przechodzi także przez punkt 5 jest wtedy osią symetrii twarzy. Przy pomiarach należy zwrócić szczególną uwagę czy u tej samej osoby wybór osi jest identyczny przy ustach zamkniętych i otwartych (różnice mogą wynikać z innego ustawienia twarzy względem osi kamery, skręcenia lub pochylenia głowy).

Wszystkie obrazy z naniesionymi wynikami pomiarów zapisujemy pod nowymi nazwami w folderze ćwiczenia. Do sprawozdania wklejamy obok siebie dwa najlepsze pomniejszone obrazy twarzy z otwartymi i zamkniętymi ustami.

W komentarzu porównujemy wielkości uchyłu żuchwy u badanych studentów oraz oceniamy symetrię statyczną obu twarzy. U większości ludzi występuje anatomiczna asymetria między lewą a prawą stroną twarzy. Różnice odległości odpowiadających sobie punktów po lewej i prawej stronie twarzy mniejsze niż 3 – 4 mm i zmiany tych odległości rzędu 1- 2 mm, zachodzące w wyniku maksymalnego rozwarcia ust, są uznawane za normę fizjologiczną.

b. Ocena wielkości przemieszczeń bocznych żuchwy

Przy tym pomiarze za oś symetrii twarzy przyjmujemy prostą przechodzącą przez punkty 1 i 4. Na dwóch obrazach z zarejestrowanymi maksymalnymi przesunięciami żuchwy, odpowiednio w lewo i w prawo, przy zetkniętych zębach, mierzymy odległości między osią a punktami 5, 6 i 7 oznaczonymi na żuchwie. Wklejamy do sprawozdania obok siebie dwa najlepsze pomniejszone obrazy przesunięć żuchwy w lewo i w prawo, a wyniki pomiarów zapisujemy w odpowiedniej tabeli.

W komentarzu porównujemy wielkość przemieszczeń bocznych żuchwy u badanych studentów. Oceniamy, czy wszystkie zaobserwowane przemieszczenia żuchwy mieszczą się w zakresie norm fizjologicznych.

IV. Sprawozdanie (szablon mechanika żuchwy.dotx)

1. Kalibracja wagi tensometrycznej i wyznaczenie masy nieznanego obiektu.
2. Badanie siły zgryzu
3. Ocena uchyłu żuchwy i asymetrii statycznej twarzy.
4. Ocena przemieszczeń bocznych żuchwy.
5. Porównanie wyników uzyskanych w badaniu przemieszczeń elementów ruchomych twarzoczaszki przez różnych studentów oraz z normami anatomicznymi i fizjologicznymi.
6. Ocena możliwych przyczyn błędów w wykonanej analizie oraz diagnostycznej użyteczności wykonanych pomiarów.

V. Instrukcje obsługi

1. Instrukcja programu *ComproDTV*
2. Instrukcja programu *Pomiary*