

## STRUKTURA

- Wymień i scharakteryzuj układy ciała człowieka odpowiedzialne za sterowanie.
  - RECEPTORY – DROGI NERWOWE AFERENTNE – CENTRALNY UK. NERWOWY (C.U.N.) – DROGI NERWOWE EFERENTNE – EFEKTORY (MIĘŚNIE).
  - Receptory (zmysł czucia – światło, dźwięk (też. równowagi), zapach, smak, dotyk (w tym temperatura) tj. 5 zmysłów (choć neurologia klasyfikuje ich więcej).
  - Drogi nerwowe mają różną prędkość przewodzenia od 100 do 250 m/s (zależy od uzbrojenia nerwu) i ta cecha jest wrodzona.
  - C.U.N. gł. układ sterowania w nim odbywa się transformacja informacji (porównanie bodźca do wzorca) – można kształtować szybkość trans.
  - Efektory – pobudzają mięśnie do skurczów – wpływają na szybkość i siłę skurczu mięśnia.
- Wymień i scharakteryzuj układy ciała człowieka odpowiedzialne za zasilanie.

C.U.N. STERUJE UKŁADY ZASILANIA – UKŁAD POKARMOWY – UKŁAD KRWIONOŚNY – UKŁAD ODDECHOWY.

Układy należy postrzegać jako konstrukcje np., rury, rurki, przewody o określonej średnicy (światło), o określonej pojemności np. 5 litrów, określonej długości, utrzymujące pewne ciśnienie wewnętrzne np. 120 mm Hg / 70 mm Hg. Układy te mogą być otwarte lub zamknięte.
- Wymień i scharakteryzuj układy ciała człowieka odpowiedzialne za bezpieczeństwo i ochronę.

C.U.N. STERUJE TYMI UKŁADAMI – UKŁAD WYDALNICZY (pokarm, ciecze, CO<sub>2</sub>) – UKŁAD IMMUNOLOGICZNY (uzależniony od krwionośnego) – UKŁAD KOSTNO - RUCHOWY (podtrzymujący i wprawiający w ruch konstrukcję ciała) – UKŁAD MIĘŚNIOWY (jako chroniący np. jamę brzuszną)
- Wymień i scharakteryzuj układy ciała człowieka odpowiedzialne za poruszanie się człowieka.

UKŁAD STEROWANIA – UKŁAD ZASILANIA, UKŁAD WYDALNICZY, UKŁAD KOSTNO RUCHOWY

Należy postrzegać jako biomaszynę tzn. w układzie sprzężeń zwrotnych w układzie sterowania (patrz tzw. PIERŚCIEN BERSTEINA), który otrzymuje informacje od środowiska zewnętrznego i wewnętrznego za pomocą bioreceptorów i przetwarza je automatycznie lub świadomie przekazując sygnały do mięśni, które wprawiają szkielet w ruch (na zasadzie działania dźwigni jedno i dwustronnej), a to pociąga za sobą zużycie energii (ATP), która to musi być dostarczona (ilość i szybkość), spalona (temperatura) i ostatecznie wydalona (pocenie się, wydalanie CO<sub>2</sub>). Ruch to z grec. kinematyka.
- Jakie funkcje w organizmie spełnia szkielet kostny.

Konstrukcja. BAZA do osadzenia narządów, FUNKCJA PODPOROWA, FUNKCJA OCHRONNA (żebra, czaszka) FUNKCJA RUCHOWA (DZWIGNIE KOSTNE+STAWY), INNE (wytwórcza np. immunologiczna)
- Opisz rodzaje połączeń występujących w szkielecie człowieka.

POŁĄCZENIE – miejsce styku dwóch członów (KOŚCI). Tworzy PARĘ BIOKINEMATYCZNĄ. Ze względu na ilość WIĘZI (ograniczników ruchu) otrzymujemy różne KLASY POŁĄCZEŃ: KLASA III oznacza, że występują 3 WIĘZI np. staw biodrowy, KLASA IV (4 więzi) – staw nadgarstkowy (dwuosowy), KLASA V (5 więzi) – np. staw ramiennie-lokciowy (jednoosowy) KLASA VI (6 więzi) – kośćciorost np. szwy czaszki.
- Podaj klasyfikację par biokinematycznych wraz z przykładami – patrz pyt. 6.
- Opisz konstrukcję klatki piersiowej.

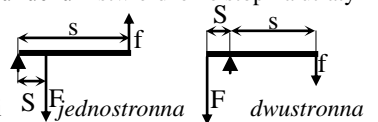
Jest to łańcuch biokinematyczny zamknięty składający się z następujących CZŁONÓW: mostek, żebra, kręgi piersiowe. Występują następujące połączenia (pary biokinematyczne): krąg piersiowy&krąg piersiowy (11 połączeń - teoretycznie KLASA III (krążek międzykręgowy)), krąg piersiowy&żebro (24 połączeń (12 lewych 12 prawych) KLASA III), żebro&mostek (6 lub 7 razy 2 – żebra się łączą – teoretycznie KLASA III)
- Opisz konstrukcję kręgosłupa.

24 człony (bez ogona i kość krzyżowa jako całość) lub 33 (wszystkie kręgi, podzielony na odcinki- SZYJNY (7 cz.), PIERSIOWY (12 cz.), LĘDŹWIOWY (5 cz.), KRZYŻOWY (5 cz.), OGONOWY (oby tylko 4 cz.). Występuje łącznie 23, lub 33 pary biokinematyczne. KLASY PAR: Szczytowo-obrotowy (V), pozostałe do odcinka krzyżowego (IV), odcinek krzyżowy (VI), odcinek guziczny (teoretycznie VI).
- Opisz budowę mechaniczną układu oddechowego.

UKŁAD ODDECHOWY JEST POMPA (zasada działania miecha) FUNKCJĘ SSACĄ (miech) pełnią: klatka piersiowa wraz z mięśniami międzyżebrowymi (ważna jest siła ciężkości ułatwiająca wydech) oraz przepona (główny mięsień oddechowy powodujący podciśnienie wdech) wspomagana mięśniami jamy brzusznej (wymuszony wydech lub utrzymanie równowagi ciśnień), szczelna błona (opłucna) wyścielająca jamę płucną i uszczelniająca płuca, przewód doprowadzający i odprowadzający powietrze – tchawica – rozwidlający się na oskrzela i oskrzeliki łączący się z pęcherzykami płucnymi. W płucach ciśnienie wewnątrzplucnowe jest niższe od atmosferycznego. Równowaga jest utrzymywana dzięki sprężystości pęcherzyków płucnych, które dają dodatkowe ciśnienie. Podczas wdechu pęcherzyki ulegają rozciągnięciu bowiem ciśnienie pęcherzykowe maleje poniżej atmosferycznego. Przy wydechu sprężystość pęcherzyków powoduje ich kurczenie się. (wielkości fizyczne opisujące budowę układu oddechowego to: pojemność, ciśnienie, siła, powierzchnia, średnica, częstotliwość)
- Opisz budowę mechaniczną układu krwionośnego.

UKŁAD KRWIONOŚNY JEST układem hydraulicznym z POMPA SSĄCO-TŁOCZĄCĄ. Układ krwionośny człowieka składa się z dwóch obwodów: płucnego (małego) i obwodowego (dużego). Lewa komora serca zasila krążenie obwodowe, prawa krążenie płucne. Przepływ krwi napędzany jest różnicą ciśnień pomiędzy układem tętnic i żył. W dużym obwodzie ciśnienie tętnicze waha się pomiędzy 120 – 70 mm Hg (średnio 100 mm Hg), ciśnienie żylnie wynosi zaś 10 mm Hg. Ruch krwi napędzany jest więc różnicą ciśnień około 90 mm Hg. (wielkości fizyczne opisujące budowę układu krwionośnego to: pojemność (komory, układu naczyniowego, wyrzutowa), ciśnienie (krwi – tętnicze, żylnie), siła (skurcz), średnica(przekrój – światło tętnicy, żyły), częstotliwość (rytm serca) potencjał elektryczny (wartość natężenia prądu pobudzenia mięśnia)
- Rozwiń temat łańcuch biokinematyczny.

Łańcuch biokinematyczny [L.B.] składa się przynajmniej z dwóch par biokinematycznych (dwóch członów połączonych węzłem). Może być otwarty (np. kończyna górna), lub zamknięty (np. klatka piersiowa). L.B. charakteryzuje się pewną ruchliwością (ruchomością we wszystkich posiadanych węzłach). Ruchomość - suma stopni swobody (naturalnie ciało swobodne ma ich 6) jest przeważnie ograniczona przez istnienie WIĘZI w WĘZŁACH. Określanie ruchomości L.B. ma znaczenie w rehabilitacji układu ruchu – stwierdzenie stopnia utraty funkcjonalności łańcucha biokinematycznego.
- Pompy ssąco-tłoczące w organizmie człowieka – patrz pkt. 10 i 11.
- Sterowanie ruchami człowieka. – patrz pkt. 1.
- Układ kostny człowieka jako układ dźwigni jedno i dwustronnych: przykład działania dźwigni



Legenda: s- ramię siły f, S-ramię siły F, f-siła mniejsza, F-siła większa.

Wzór na moment siły:  $M_F = F \cdot S$ ,  $M_f = f \cdot s$  Wzór na równowagę momentu siły:  $F \cdot S = f \cdot s$ , czyli  $M_F = M_f$

Pamiętaj, jeżeli wykonujesz rysunek poglądowy (schemat) i używasz wektorów (jak wyżej s, S i f, F) to musisz je opisać.

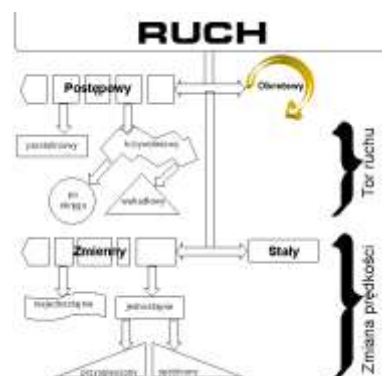
## GEOMETRIA

1. Cechy człowieka jako żywego obiektu pomiarów: Człowiek to obiekt charakteryzujący się ciałem o określonych wymiarach i masie. Posiada zdolność sterowania ruchami w przestrzeni trójwymiarowej, a to w ujęciu czasu. Co możemy mierzyć: Wielkości geometryczne – ciężar ciała lub też części ciała, długość ciała lub też poszczególnych części (wysokość ciała, długość ręki itd.) obwody, grubość (np., tkanka tłuszczowa). Wielkości fizyczne: PODSTAWOWE – droga (jako ramię – jego długość, długość kości itd.) czas wykonania ruchu – czynności, kąty, masa, POCHODNE – prędkości wykonania czynności – ruchu, przyspieszenie (nabieranie prędkości – wytracanie prędkości – hamowanie), siła, moment siły, praca, moc, pęd itd.
2. Podstawowe wielkości geometryczne mające związek z mechaniką ciała człowieka. (części ciała wyróżniane w Biomechanice: stopa, podudzie, udo, miednica, brzuch, klatka piersiowa, szyja, głowa, ręka, przedramię, ramię, bark). Długość poszczególnych części ciała, gęstość i ciężar poszczególnych części ciała, ruchomość poszczególnych cz. c. (kąty + stopnie swobody).
3. Wyjaśnij pojęcie ruchomość stawu.  
Każde połączenie dwóch członów (kości) nazywane stawem (WĘZŁEM) posiada pewną ruchomość. Ruchomość ta może być ograniczona przez węzły (przyczepy, lub sąsiadujący człon) – Ciało swobodne ma 6 stopni swobody, tzn 6 możliwości ruchu (3 obrotowe i 3 postępowe). Stawy tyle stopni nie mają. Mają ich natomiast od 0 do 3. Przykładowo staw biodrowy (wieloosiowy tzn 3 osiowy) ma możliwość wykonywania ruchów w trzech osiach (są to ruchy obrotowe). 1. Prostowanie i zginanie, 2. Odwodzenie i przywodzenie, 3. nawracanie i odwracanie. Oznacza to też że ten staw ma 3 więzi ograniczające ruch w pozostałych stopniach swobody (postępowych) tj. 1. przemieszczanie się w górę i dół (panewka stawu + mięśnie), 2. przemieszczanie się w lewo i w prawo (wieszadło głowy kości udowej), przemieszczanie się do przodu i do tyłu (panewka stawu + mięśnie).
4. Zastosowania goniometrii – Goniometria zajmuje się pomiarami zakresu ruchów w stawach (kątami, zasięgiem ruchu) – wykorzystujemy do określenia kąтового zakresu ruchu osób badanych np. w rehabilitacji czy uprawiających konkretne dyscypliny sportowe – gimnastyka, taniec, skoki do wody etc.

## DYNAMIKA RUCHÓW LOKOMOCYJNYCH

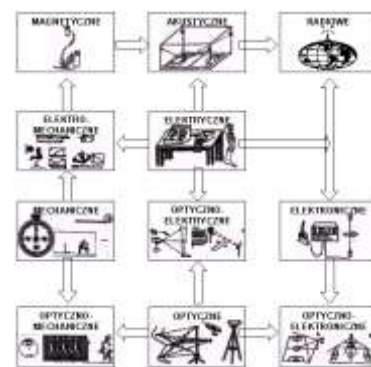
1. Zakres zainteresowań biomechaniki klinicznej
  - diagnostyka aparatu ruchu człowieka (chirurgia, rehabilitacja)
  - badanie przepływu cieczy w układach fizjologicznych człowieka (psychiatria, gastroscopia, kardiologia itd.)
  - biomechanizmy – protetyka (konstrukcja protez – rehabilitacja)
  - właściwości fizyczne i wytrzymałość fizyczna tkanek i implantów (cała sfera chirurgii i chirurgii plastycznej)
  - i wiele innych wg dyscyplin lekarskich

2. Charakterystyka ruchów lokomocyjnych **Ruch postępowy** - wszystkie punkty obiektu zakreślają te same trajektorie w ruchu prostoliniowym lub krzywoliniowym. **Ruch obrotowy** - odbywa się wokół trzech głównych osi (strzałkowej, czołowej, podłużnej) lub wokół osi pośrednich. **Ruch harmoniczny** (wahadłowy) - naprzemianstronne zajmowanie przez obiekt miejsc w przestrzeni względem przyjętego układu odniesienia - płaszczyzny równowagi. Największe wychylenie od płaszczyzny równowagi nazywa się amplitudą. **Ruch Browna** (bezladne, zmienne) - ruchy losowe, odbywające się w różnych kierunkach względem określonego układu odniesienia, gdzie średnie położenie obiektu pokrywa się ze środkiem przyjętego układu odniesienia lub jest przesunięte względem niego o stałą wartość. Przykładem takiego ruchu jest ruch rzutu środka ciężkości ciała (COG) człowieka stojącego na podłożu, czy też ruch punktu przyłożenia wypadkowej siły reakcji podłoża podczas tego samego stania



## METODY BADAWCZE i ICH ZASTOSOWANIE

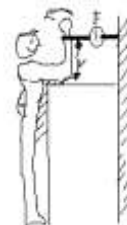
1. Cele badań biomechanicznych – pomiar wielkości parametrów fizycznych występujących w organizmach żywych, jak i całych organizmów oraz środowiska, które je otacza dążąc do poznania praw i zasad zjawisk zachodzących w obserwowanym obiekcie. Podejście biocybernetyczne, informatyczne, metrologiczne, metodologiczne przy udziale nauk od anatomii, antropologii, biochemii, biologii, ekonomii, ergonomii, fizjologii, fizyki, matematyki, statystyki itd.
2. Sposoby rejestracji ruchu. NA RYSUNKU OBOK. Każdy ruch można rejestrować wykorzystując pewne zjawisko fizyczne. Korzystając z kamery wideo (optoelektroniczne metody rejestracji) można rejestrować przemieszczający się w kadrze obiekt względem przyjętego układu odniesienia (istotne jest też określenie tzw. błędu rejestracji (ilość rejestrowanych obrazów w ciągu sekundy, wartość skali – proporcji rejestrowanego obrazu, jakość obrazu wyrażona ilością linii przypadających na rejestrowany jeden kadr np. 625 linii lub jakoś przetwornika CCD). Ruch można rejestrować przy pomocy radaru (efekt Dopplera - metody akustyczne, radiowe, optyczne), przy pomocy spidometru (urządzenie do pomiaru prędkości ruchu – metody elektromechaniczne), przy pomocy ścieżki tensometrycznej (pomiar siły nacisku – metody elektromechaniczne), ruch można obserwować i rejestrować zmiany czasu (stoper) położenia tego obiektu w przestrzeni (metody mechaniczne, elektroniczne).
3. Wymień urządzenia do pomiaru kinetycznych parametrów ruchu. Patrz pkt. 3. Są to: zegary, stopery, tachometry, tachografy, przymiary, dalmierze, radary, gonometry, platformy dynamometryczne (ścieżki tensometryczne), fotokomórki, urządzenia GPS, kompas, radiolokalizatory, Gama urządzeń optycznych (różnego rodzaju kamery: cyklograficzne, chronofotograficzne, kinematograficzne, filmowe, telewizyjne, wideo, termowizyjne, gammawizyjne, rengenowskie, ultrasonograficzne, magnetograficzne)
4. Zastosowanie elektrostymulacji w rehabilitacji pourazowej – Elektrostymulacja – pobudzanie (stymulacja) prądem elektrycznym. Dotyczy najczęściej pobudzania mięśni szkieletowych - elektromiostymulacja (mięśnia sercowego – elektrokardystymulacja) w celu wywołania skurczu tegoż mięśnia. Istotna jest wartość napięcia, natężenia, czasu trwania i częstotliwość kolejnych bodźców elektrycznych wysyłanych z aparatu do elektrostymulacji. Jeden przykład – wywoływanie skurczów mięśniowych w rehabilitowanej kończynie po złamaniu, będącej jeszcze w opatrunku unieruchamiającym sąsiadujące stawy w celu zapobieżenia atrofii unieczynnionego mięśnia.
5. Zastosowanie elektromiografii w diagnostyce urazowej – Elektromiografia – pomiar i wykreślenie obrazu elektrycznej pracy mięśnia – doskonałym przykładem jest elektrokardiogram – wydruk elektrycznej charakterystyki pracy mięśnia sercowego. Np. po zawale elektrokardiogram umożliwia stwierdzenie stanu i możliwości układu sercowego, prowadzi do zdiagnozowania i określenia ilościowego ubytku od normy. To się także tyczy wszystkich mięśni poddawanych rehabilitacji – elektromiogram pozwala ustalić jak się do siebie ma wartość napięcia i natężenia impulsu elektrycznego pobudzającego mięśnia do wartości momentu siły rozwijanej przez ten mięsień przy



wykorzystaniu dynamometru. Dalej przy porażeniu mózgowym elektromiografia pozwala ustalić stopień zaburzeń elektrycznego pobudzenia mięśnia, czy partii mięśniowych, czy ich współdziałania.

6. W jaki sposób można zmierzyć siłę kończyn górnych człowieka

**STANOWISKO DO POMIARU** -Należy ustabilizować badanego (kreskowanie na schemacie), ustawić kąt prosty w badanym stawie, a tułów prostopadłe do ziemi. Umieścić dynamometr, zmierzyć ramię siły i na koniec wykonać pomiar siły. Następnie należy wyniki zapisać w tabeli i przeliczyć na wartości momentu siły czyli siła razy ramię [Nm]. Oto przykład stanowiska do pomiaru zginaczy stawu łokciowego. F- wskazanie dynamometru, r – ramię siły,  $M_F$  – moment siły,  $M_F = Fr$  Pomiar zginaczy i prostowników tułowia odbywa się przy ustabilizowanej miednicy. W przypadku stawu kolanowego badany siedzi na ławce rękoma trzymając się brzozy blatu. Siłę mierzymy też w funkcji czasu – siła eksplozywna czyli najszybciej rozwinąć jak największą siłę i wytrzymałość siłową, czyli utrzymać jak najdłużej maksymalną siłę. W tym drugim przypadku stosuje się też wytrzymanie przez 30 sekund stałego, wysokiego potencjału siły mięśniowej.



7. Przetwarzanie informacji o ruchu ciała człowieka. Można zrozumieć dwojako. 1. Wewnętrznie na zasadzie sprzężenia zwrotnego od wystąpienia bodźca do kontrolowanego efektu (CUN – transformacja informacji – porównanie do wzorca – korekta impulsu bodźca do konkretnych efektorów ruchowych) objawiającego się wystąpieniem ruchu –tzw. PIERŚCIEN BERSTEINA. Korekta impulsu polega na odebraniu z innych ośrodków informacji o następującym ruchu (wzrokowy, słuchowy, czuciowy, itd.) – porównaniu z zapamiętanym wzorcem i ewentualne skorygowanie impulsów wysyłanych do części ruchowej kory mózgowej. 2. Zewnętrznie. Ciało jako obiekt badań. Pomiar przemieszczenia się ciała względem przyjętego układu odniesienia w standaryzowany sposób (posługiwanie się wielkościami fizycznymi i metodologią badań), ilościowa ocena tego ruchu, porównanie tego ruchu z normą lub innym obiektem porównawczym np. zdrowy osobnik z pacjentem (chorym), lub chory (jego chód) przed operacją stawu biodrowego, czy kolanowego i jego chód po operacji (oczywiście po pewnym okresie rehabilitacji).

8. Ergonomia koncepcyjna. Ergonomia – Ułatwianie – upraszczanie – modyfikowanie – dopasowywanie – Obiektów (narzędzi, przyrządów), formy i sposobów wykonania czynności, trwania w czynności – dla potrzeb człowieka. Koncepcja „poprawy” jest tworzona na drodze obserwacji zjawiska, jego pomiarze i komparacji ze wzorcem poprzez testowanie i optymalizowanie do osiągnięcia zamierzonego efektu ergonomizacji. W rehabilitacji np. po amputacji kończyny pacjent, który utracił sprawność ruchową, charakteryzuje się stanem wymagającym ergonomizacji – dążeniem z punktu widzenia tejże rehabilitacji do przywrócenia go do pełnej sprawności. Powstaje wówczas koncepcja – pomysł lub przyjęcie gotowego algorytmu postępowania, w dążeniu do osiągnięcia tego celu. Ergonomia koncepcyjna posługuje się modelami (rzeczywistymi i abstrakcyjnymi np. matematycznymi) i wzorcami - modelując i dopasowując koncepcje do ostatecznych zastosowań. Przykładowo wykonanie protezy stawu kolanowego dla konkretnego pacjenta to przejście z modelu graficznego w pamięci komputera (programy typu CAD) przez proces produkcji protezy na obrabiarce cyfrowej, ręczne wykończenie do zamontowania w stawie pacjenta aż po proces rehabilitacji pooperacyjnej)

9. Ergonomia konstrukcyjna – patrz pkt. 8. Tu będą dobre takie określenia jak: Oszczędność, prostota, wytrzymałość, lekkość, funkcjonalność, trwałość, akceptowalność zarówno tkankowa, jak i mentalna. Temat szeroki – przykładowo w medycynie to zacząć można od implantów (koronki zęba) poprzez protezy zębowe, wzmocnienia kości, przez elektrostymulatory, protezy kończyn do kul, chodzików, wózków inwalidzkich, kończąc na rowerach, samochodach i aglomeracyjnych ułatwieniach dla niepełnosprawnych .