STEROWANIE A REGULACJA

Sterowanie to proces nerwowo-mięśniowy (dwukierunkowy), współdziałanie układu nerwowego z układem mięśniowym i podporządkowanie układu mięśniowego (układ sterowania) układowi nerwowemu (sterującemu).

Sterowanie w układzie otwartym i zamkniętym

Układ otwarty

- z (zaburzenia zewnętrzne)
- układ sterujący → układ sterowany Y (wynik akcji)
- regulator x — obiekt regulowany

Dlaczego jest to układ otwarty?

– bardzo mały czas reakcji, tak że nie ma możliwości wprowadzenia korekty na podstawie informacji zwrotnej (krótka stała czasowa).

Układ zamknięty

- z (zaburzenia zewnętrzne)
- układ sterujący → układ sterowany Y (wynik akcji)
- regulator x — obiekt regulowany
- U (informacja zwrotna) — aby zmodyfikować zakłócenia zewnętrzne

Dlaczego jest to układ zamknięty?

– w tym przypadku występuje już regulacja poprzez pętlę informacji zwrotnej, co pozwala na korekcję błędów.

Kryteria jakości procesu sterowania

1. **Stabilność** – właściwość układu nerwowego (sterującego), zapewnia powrót do równowagi po zadziałaniu zakłócenia (umiejętność skorygowania czynnika zewnętrznego).
2. **Max. pasmo przenoszenia** – możliwość dobrej regulacji przy maksymalnej prędkości Vmax (umiejętność korekcji pomimo dużej prędkości wykonywania zadania).
3. **Dokładność sterowania** – jak najmniejszy błąd.

4. **Czas reakcji** – czas obiegu informacji (powinien być zminimalizowany); ma istotne znaczenie w treningu i rehabilitacji.

Sprzężenie zwrotne

1. Sprzężenie zwrotne proste

- z x (+) U (+)
- układ nerwowy → układ kostno-mięśniowy Y (+)
- bardzo mały czas reakcji
- ma miejsce, gdy wykonujemy czynność po raz pierwszy (brak rozbudowanej pamięci ruchowej)

2. Sprzężenie zwrotne dodatnie i ujemne (+ i −)

Schemat: z x (+) U (+) — E(t) (+/−) — układ nerwowy → układ kostno-mięśniowy Y (+).

- U(t) — sygnał wejścia
- E(t) — uchyb (błąd)
- węzeł – porównywanie informacji, KOMPARATOR
- informacja wraca na początek jako uchyb do regulatora, jest modyfikowana i znów wraca do efektora
- cel: aby E(t) → 0

Przykłady:

- Sprzężenie zwrotne dodatnie: bodziec się potęguje i wzmacnia sygnał pierwotny, np. kichanie czy ejakulacja.
- Sprzężenie zwrotne ujemne: utrzymywanie parametrów w określonych granicach homeostazy, działa hamująco, np. utrzymywanie stałego napięcia mięśniowego; jeżeli bodziec przekracza możliwości korekcyjne, może dojść do zaburzenia równowagi.

Uwaga praktyczna: w fizjoterapii wykorzystuje się mechanizmy sprzężenia zwrotnego (np. trening propriocepcji) do poprawy kontroli ruchu i stabilności stawów.

Schematy układu sterowania

(Bernstein – ruchy dowolne)

Pętlowe krążenie:

1. efektor

2. receptor
3. element programu
4. mechanizm porównujący
5. mechanizm przekodowania
6. regulator

OBIEKT – środowisko zewnętrzne

1. odbiera faktyczne wartości regulowanych wielkości
2. wskazuje na wartość regulowanego efektu
3. określa różnicę pomiędzy oczekiwaniem a faktycznymi wartościami regulowanej wielkości
4. przekłada sygnały i różnicę pomiędzy oczekiwaniem a faktycznymi wartościami na informację dla regulatora
5. wzmacnia lub hamuje bodziec dotyczący efektora

Program ruchu składa się z dwóch części:

- znaczeniowej: świadoma, ukierunkowana na cel; myślenie świadome „co robić”
- wykonawczej: oparta na nabytych doświadczeniach motorycznych; tzw. pamięć ruchowa „jak robić”

Pierścienie zewnętrzne i wewnętrzne

MÓZGOWIE

pierścień zewn. / pierścień wew.

Zasady:

1. jeżeli uczymy się nowych ruchów, korzystamy z receptorów pierścienia zewnętrznego;
2. jeżeli wykonujemy ruch lepiej, korzystamy z obu pierścieni;
3. jeżeli ruch zostanie opanowany, korzystamy głównie z receptorów pierścienia wewnętrznego.

Cel nauki:

- opanowanie czucia własnego ciała tak, aby można było korzystać głównie z proprioreceptorów (pierścień wewnętrzny)
- skrócenie czasu reakcji (przepływ informacji w układzie nerwowym)
- Organizm zmodyfikował budowę układu nerwowego z powodu zróżnicowania

funkcji:
    - receptory pierścienia zewnętrznego: t ≈ 0,3–0,5 s, V ≈ 2–3 Hz
    - receptory pierścienia wewnętrznego: działają automatycznie, są dużo szybsze z częstotliwością korekcji V ≈ 10–12 Hz, t ≈ 0,08–0,1 s (typowe dla szybkich odruchów proprioceptywnych)

OCENA PROCESU STEROWANIA

Zadanie	Kryteria jakości
Wykonać dokładnie ruch pod względem przestrzennym bez zakłóceń i ograniczeń ruchowych	dokładne sterowanie
Wykonać dokładny ruch, który jest zakłócany z zewnątrz	dokładne sterowanie i stabilizacja

Układ nerwowy i rodzaje czynności

- Struktura fazowa ruchu
- Struktura fazowa ruchu
- uwarunkowania wewnętrzne
- uwarunkowania zewnętrzne
- kinematyka
- dynamika
- Aktywność określonej grupy mięśni
- Czynniki przestrzenne
- Czynniki czasowe
- Czynniki prędkościowe
- Czynniki siłowe
- Czynniki masowe

Grupy:

1. **Charakter kinematyczny:**
    - cz. przestrzenne (kąt, droga)
    - cz. czasowe (czas, tempo, rytm, przyspieszenie)
2. **Charakter dynamiczny:**
    - cz. masowe (masa, moment bezwładności)
    - cz. siłowe (siła, moment siły)

Cechy ruchu:

1. Powtarzalność struktury fazowej ruchu

2. Dokładność
3. Tempo
4. Rytm

Rytm – zależy od stosunku czasu trwania poszczególnych faz, zwany tzw. geometrią ruchu; rytm można opisać na podstawie np. dynamometru.

Uwaga: zmiana jednej fazy w ramach całości struktury wpływa na cały ruch. Ruch skojarzony w kręgosłupie – w kręgosłupie jest wiele ruchów, które się łączą.

Kryteria podziału ze względu na czas trwania:

1. faza przygotowawcza
2. faza główna
3. faza końcowa

Każda faza ma cel, np.:

- wstępne rozciągnięcie mięśni
- rozwinięcie jak największego impulsu siły
- ochrona organizmu przed kontuzją

Tempo – ilość cykli w jednostce czasu oraz częstotliwość ruchu.

Technika ruchu – zbiór czynności ruchowych służących do wykorzystania strukturalnych i funkcjonalnych właściwości człowieka, podporządkowujący zasady biomechaniczne w celu uzyskania maksymalnych rezultatów.

Czynniki:

1. strukturalne – budowa osiowa, dźwignie
2. funkcjonalne – mięśnie jako siłowniki

Czynniki strukturalne – bierny aparat ruchu, poszczególne człony kostne umożliwiające przenoszenie sił (podpora, możliwość ruchu, ochrona, amortyzacja), np. krzywizny kręgosłupa, wysklepienie stopy.

Ruchomość – gibkość:

– zależy od budowy anatomicznej stawu; każdy staw ma inną budowę.

– możliwość przemieszczania jednego członu względem drugiego ze skrajnych ustawień (gonimetria).

Zależy ona od:

- budowy stawu
- mięśni
- więzadeł, obrąbka stawowego, torebki, ograniczeń zakresu ruchu

Ruchomość szkieletowa:

- bierna — wykonywana siłą zewnętrzną bez aktywnego udziału mięśni
- czynna — wykonywana przy udziale mięśni

Ruchliwość – ruchomość – może się zmieniać w zależności od pozycji wyjściowej.

Obciążenie:

1. o charakterze statycznym
2. o charakterze dynamicznym

Rodzaje obciążeń:

- ściskanie
- rozciąganie
- zgięcie
- skręcenie

Połączenia kości – to stawy (kuliste, cylindryczne, eliptyczne, bloczkowe).

Ruchy w stawach – postępowe, śrubowe, obrotowe, ślizg.

PARA BIOKINEMATYCZNA

– Łańcuch biokinematyczny otwarty

– Łańcuch biokinematyczny zamknięty

Para kinematyczna - dwa człony połączone stawem. Łańcuch kinematyczny - wiele członów połączonych stawami.

- otwarty: dłoń jest wolna (nieufiksowana) — ruch trudniejszy
- zamknięty: dłoń jest ufiksowana — ruch łatwiejszy

Zaczynamy pracę z pacjentem zwykle w łańcuchu zamkniętym, a kończymy na ruchach w łańcuchu otwartym.

STOPNIE SWOBODY RUCHU – ciało całkowicie swobodne ma 6° swobody ruchu.

TRANSFER MOMENTÓW SIŁ MIĘŚNI – uzyskanie silnego momentu (silnych grup mięśniowych) przez wsparcie słabszych grup; bardzo słaby moment sił może być zastąpiony dużą siłą ramion i łopatek — przejęcie siły.