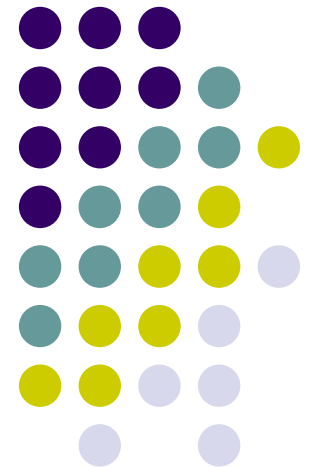


# Fiziologija človeka v srednji šoli

Nekaj preprostih in poceni  
poskusov



# Tematski sklopi poskusov:



- Kri
- Kardiovaskularni sistem
- Živčevje in čutila
- Dihanje
- Izločala
- Telesna vadba

# KRI



- Osmotska odpornost rdečih krvničk / hemoliza
- Poskus na vzorcu živalske krvi iz klavnice
- Primerjava s parameciji

# KARDIOVASKULARNI SISTEM



- Simulacija potapljanja
- Kardiorespiratorni regulacijski mehanizmi
- Valsalvin manever

# Kardiovaskularni sistem - Simulacija potapljanja



*Advances in Physiology Education*

št. 27, strani 130-145, I. 2003

**SIMULATED HUMAN DIVING AND HEART  
RATE: MAKING THE MOST OF THE DIVING  
RESPONSE AS A LABORATORY EXERCISE**

Sara M. Hiebert, Elliot Burch, ZDA

# Kardiovaskularni sistem - Simulacija potapljanja



Potopni odziv sesalcev:

1. apneja (zadrževanje diha)
2. periferna vazokonstrikcija (zožitev perifernega žilja, preusmeritev toka krvi v možgane in srce)
3. bradikardija (upočasnitev pulza)

**Bradikardija** je robusten vpliv potopnega odziva, merljiv z otipom pulza na podlahti.

# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



Svetovni rekord v potapljanju na dah – 6'45"

Povprečen posameznik < 1'

Namen eksperimenta:

1. pokazati, da kljub naši skromni adaptiranosti na vodno okolje, potapljanje obraza v hladno vodo in zadrževanje diha pri ljudeh izzove bradikardijo
2. prepoznati signale, ki izzovejo bradikardijo.

“Kako telo ve, da se potaplja?”

- apneja

- hladna voda → hlad, mokrota, tlak

Aditivni učinki različnih dražljajev!

# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



Oprema:

- plastična kad
- brisača
- voda (15°C)
- led
- termometer
- maska za potapljanje
- cev za dihanje
- hladilne vrečke (voda >5°C ali gel v platnu)
- varikina za sterilizacijo vode
- programska oprema za statistično analizo, lahko Microsoft Excel
- štoparica



# Kardiovaskularni sistem - Simulacija potapljanja



Poskus v trojkah:

“potapljač”, merilec pulza, merilec časa in zapisovalec

Izključno zdravi učenci, prostovoljci. Priporočljiva demonstracija.

Ležanje na klopi, namakanje obraza do senc.

Otip pulza na zapestju, med ulno in tetivami.

Vsak preizkus traja 30 sekund. Za lažnejši potek priporočljivo  
trepljanje “potapljača” po hrbtu na 10 sekund.

Odmori med posameznimi testi nekaj minut.

Vdihi naj bodo globoki, vendar ne maksimalni. Naj ne bo  
hiperventilacije.

# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



Test (neodvisna spremenljivka)	Pos k. št.	Primerjava naslednjih pogojev poskusa	Razlika v pulzu med dvema poskusnima pogojema kaže na ...	Primerjava med poskusi
Simulirani potop	1	Dihanje na suhem : zadrževanje sape v hladni vodi	Vpliv vseh komponent simuliranega potopa na pulz	
Apneja	2	Dihanje v zraku : zadrževanje sape na suhem	Vpliv apneje.	Apneja s hladno vodo bolj upočasni pulz kot samo apneja. Aditiven učinek.
	3	Dihanje v vodi po cevi : Zadrževanje sape v hladni vodi	Vpliv apneje v prisotnosti hladne vode.	
Potop obraza	4	Dihanje skozi cev v zraku: Dihanje skozi cev v vodi	Vpliv potopa v hladno vodo.	Potop v hladno vodo z apnejo bolj upočasni pulz od samega potopa s cevjo. Aditiven učinek.
	5	Zadrževanje sape na suhem: Zadrževanje sape v hladni vodi	Vpliv potopa v hladno vodo v prisotnosti apneje.	
Temperatura	6	Topla vrečka na čelu: Hladna vrečka na zatilju	Vpliv temperature.	Aditiven učinek hladu in mokrote.
	7	Dihanje v topli vodi s cevjo: Dihanje v hladni vodi s cevjo	Vpliv temperature v prisotnosti mokrote.	Aditiven učinek apneje in hladu.
	8	Zadrževanje sape v topli vodi: Zadrževanje sape v hladni vodi	Vpliv temperature v prisotnosti mokrote in apneje.	

# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja

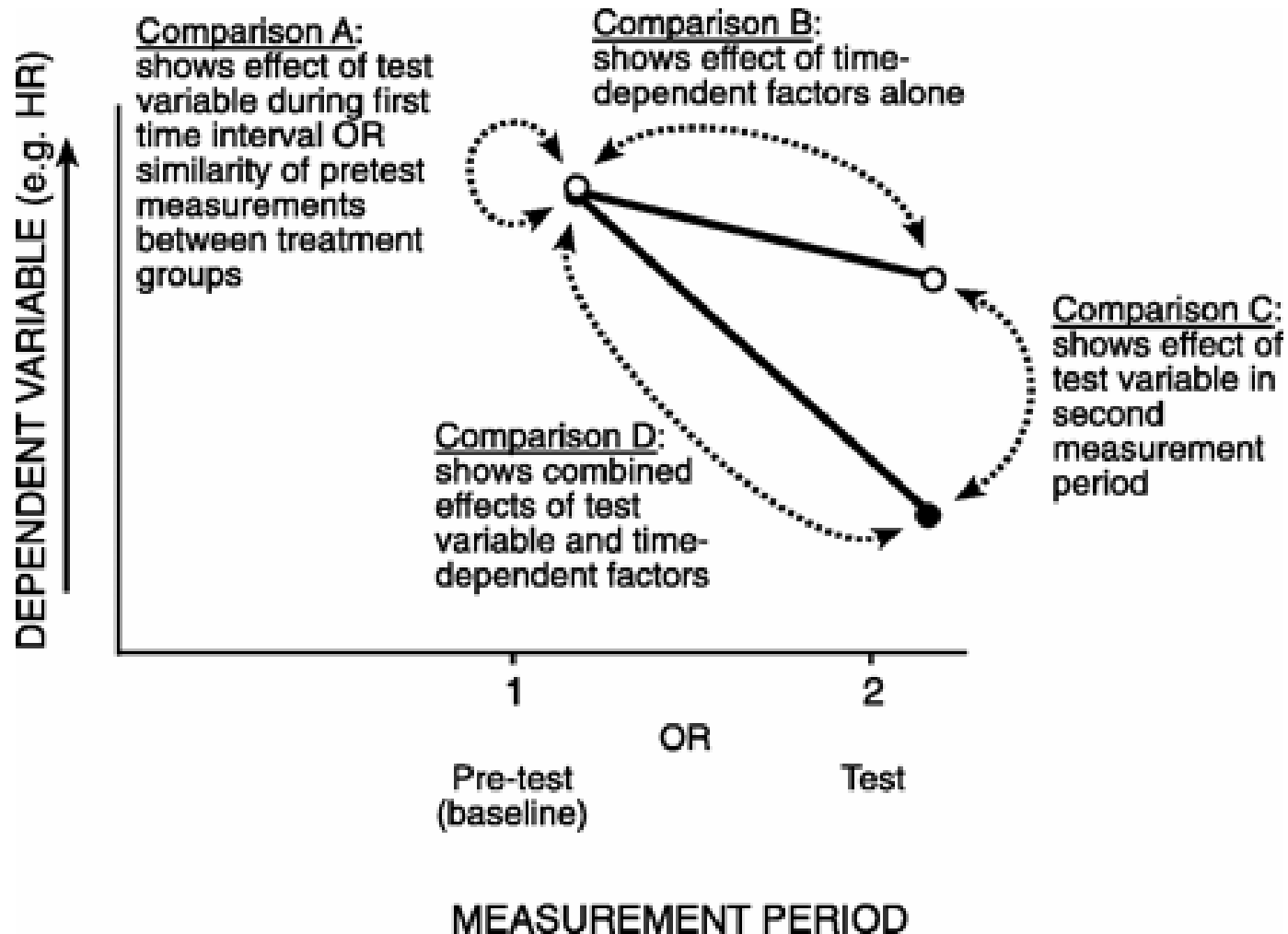
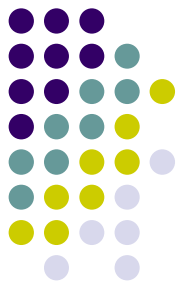


Poskusi morajo biti izvedeni v naključno izbranih parih eksperimentalnih pogojev, razumno hitro.

- variabilnost pri enem posamezniku, habituacija
- zdi se, da bi primerjava vseh rezultatov z eno kontrolno situacijo prihranila čas, vendar zahteva obdelavo rezultatov z analizo variance (ANOVA) namesto s T-testi
- mir v prostoru
- vaje pred eksperimentom (tahikardija zaradi stresa)

# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



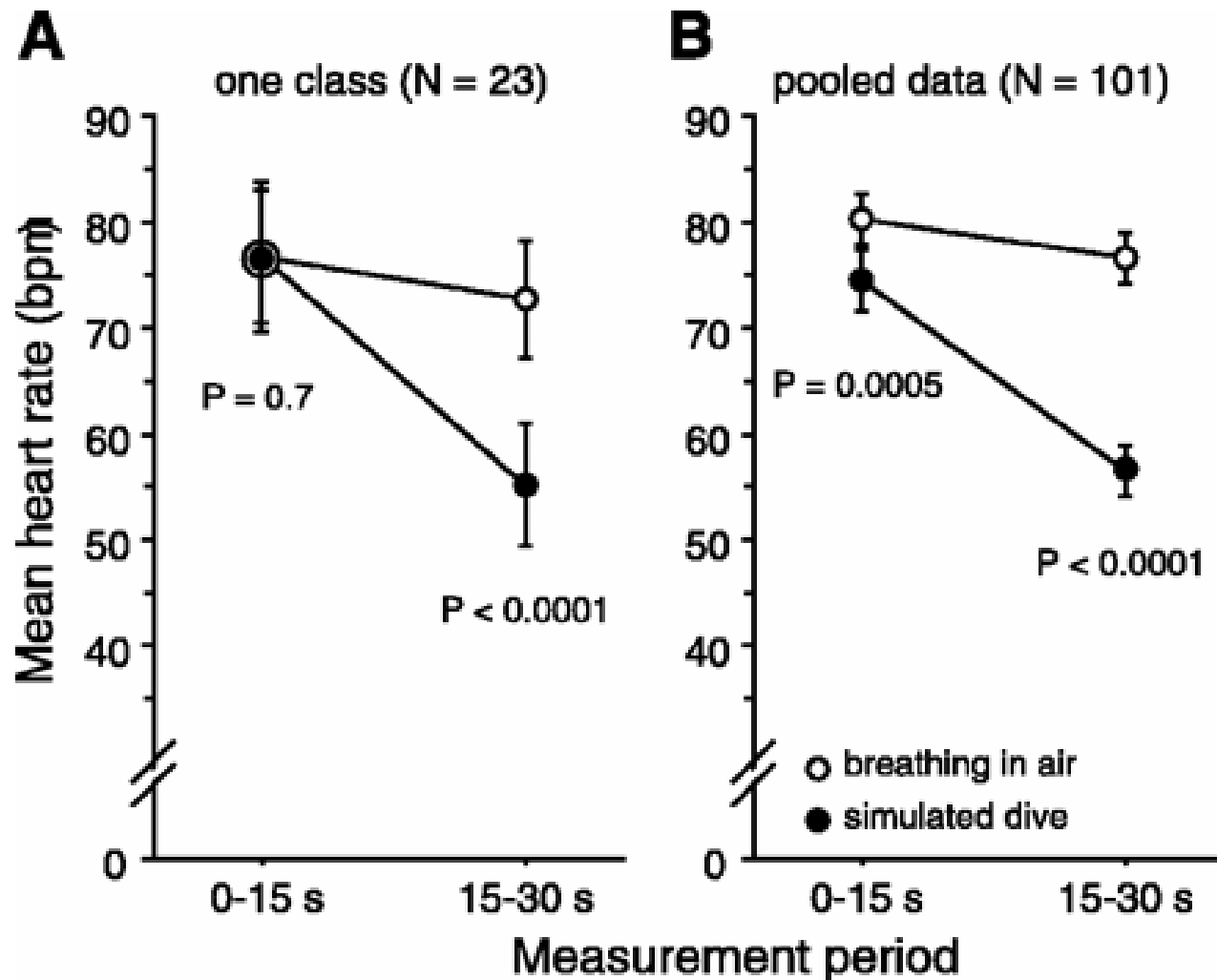
Test (Independent) Variable		Exp. no.	Measurement Period									<i>n</i>
			0-15 s			15-30 s			Averaged over 0-30 s			
			Avg HR	Avg decr in HR	Significance/type of <i>t</i> -test	Avg HR	Avg decr in HR	Significance/type of <i>t</i> -test	Avg HR	Avg decr in HR	Significance/type of <i>t</i> -test	
Simulated dive (breathing in air vs. apnea in cold water)		1	79.8 74.0	5.8	‡2-samp. ‡paired	76.0 56.1	19.9	§2-samp. §paired	77.9 65.0	12.9	§2-samp. §paired	101
Apnea	In air (breathing in air vs. apnea in air)	2	73.0 71.3	1.6	NS	70.1 65.2	4.9	*2-samp. ‡paired	71.6 68.3	3.3	†paired	60
	In water (snorkel in water vs. apnea in cold water)	3	68.5 66.0	2.5	NS	65.3 54.9	10.3	*2-samp. §paired	66.9 60.5	6.4	*2-samp. ‡paired	34
Facial immersion	Breathing (snorkel in air vs. snorkel in cold water)	4	74.8 71.1	4.2	‡paired	71.2 66.9	4.9	*paired	73.0 68.0	4.6	‡paired	46
	With apnea (apnea in air vs. apnea in cold water)	5	71.7 69.0	2.7	*paired	69.6 61.5	8.2	§2-samp. §paired	70.7 65.2	5.4	‡2-samp. §paired	64
	With apnea (apnea in air vs. apnea in RT water)	6	71.7 68.6	3.1	NS	70.5 60.6	9.8	*paired	71.1 64.6	6.5	NS	13
Temperature	In air (RT pack on forehead vs. cold pack on forehead)	7	71.8 69.3	2.4	NS	69.7 67.0	2.8	*paired	70.7 68.1	2.6	*paired	44
	In water (apnea in warm water vs. apnea in cold water)	8	70.1 69.2	0.9	NS	65.5 58.5	7.1	†2-samp. §paired	67.8 63.8	4.0	§paired	39

Average HRs (beats/min) are shown for the 2 treatments described for each experiment in *column 2*; *n* = no. of students participating in each experiment. RT, room temperature, 23°C. \**P* < 0.05; †*P* < 0.01; ‡*P* < 0.005; §*P* ≤ 0.0001. Only tests with statistically significant results are shown.



# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



Dodatni eksperimenti:

- voda kot signal
- lokacija kožnih senzorjev
- razlike med spoloma
- učinek vadbe
- učinek pričakovanja
- psihološki nadzor
- pljučni volumen
- mentalni vplivi

# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



Opozorila pri poskusih z ljudmi:

- odobritev nadzornih teles
- seznaniti učence, da je sodelovanje prostovoljno, ter da poskus nikakor ni preskus vzdržljivosti!
- učenci naj ne zadržujejo sape dlje, kot se jim zdi udobno
- sodelujejo lahko samo zdravi, izključeni so tudi učenci s srčno aritmijo
- nekateri poskusi ne vključujejo apneje ali potopa, tako da lahko sodelujejo tudi učenci z zadržki



# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja

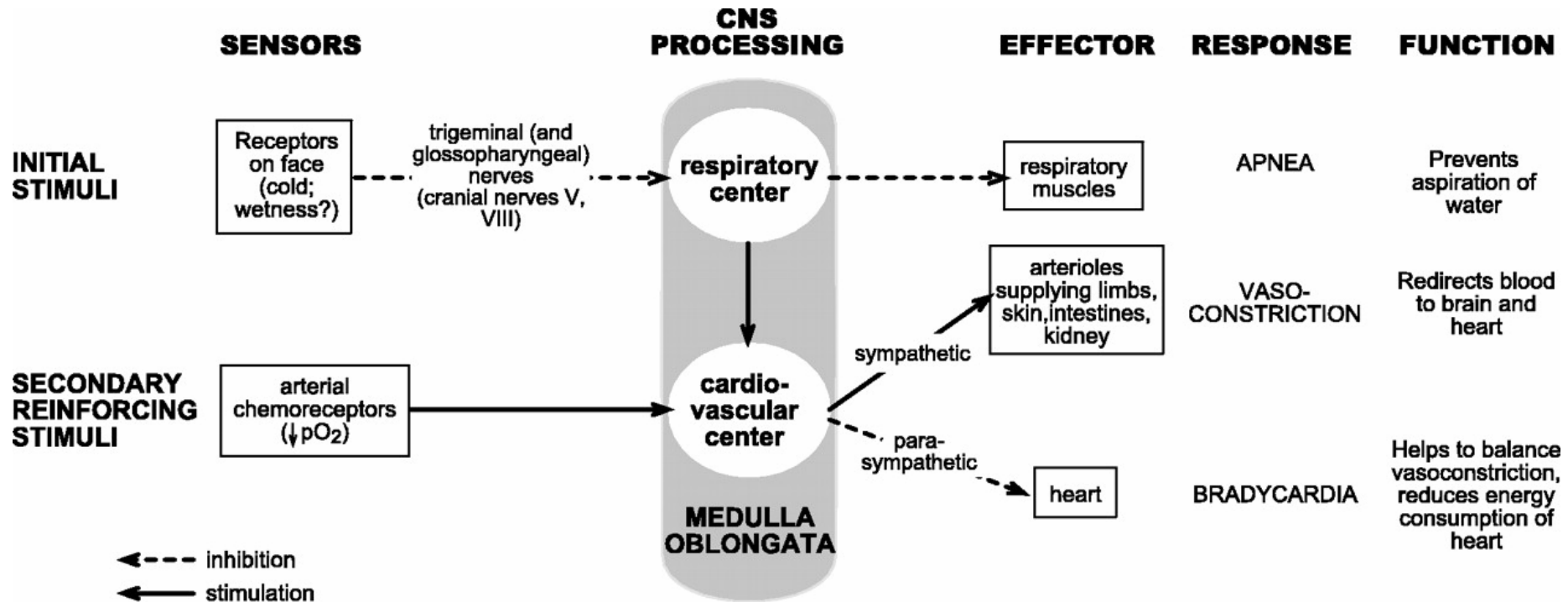


Splošna načela:

- fiziološki odziv je posledica ultimativnih in proksimativnih dejavnikov
- biološki podatki so inherentno raztreseni, četudi so meritve natančne. Statistična analiza!
- Kontrolni poskus za katerikoli poskusni pogoj je poskusni pogoj minus neodvisna spremenljivka, ki jo testiramo.
- Samo s primerjavo s kontrolo lahko pokažemo, da je sprememba posledica neodvisne spremenljivke
- statistični testi v parih : dvovzorčni testi
- velikost vzorca

# Kardiovaskularni sistem

## - Simulacija potapljanja



# Kardiovaskularni sistem - Simulacija potapljanja



## Izhodišča za nadaljnjo diskusijo:

Kakšne bi bile posledice vazokonstrikcije za potapljačega sesalca brez drugih kardiovaskularnih prilagoditev?

Rangiraj živali glede na pričakovano stopnjo razvitosti potopnega odziva: vidra, žabji paglavec, aligator, žaba, človek.

“Potopni odziv je najbrž služil našim prednikom - dvoživkam kot tehnika varčevanja s kisikom med potopom, toda sedaj nima nobene očitne koristne vloge več” (Chester, 1993)

# Kardiovaskularni sistem - Simulacija potapljanja



## Izhodišča za nadaljnjo diskusijo:

Zakaj ni količina kisika v arterijah edini in zadosten signal za sprožitev potopnega odziva?

Kakšen bi bil odziv človeka, potopljenega v hladno vodo s telesom do vratu, torej razen glave?

Tjulenj po potopu doživi močno tahikardijo.

Če zelo ohladimo čelo, je rezultat tahikardija.

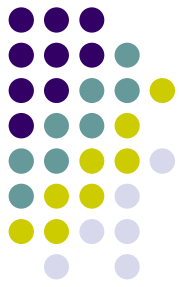
Ljudje včasih preživijo “utonitev” v mrzli vodi, ki traja tudi do pol ure.

# Kardiovaskularni sistem

## - Kardiorespiratorni regulacijski mehanizmi

- Opazovanje in razlaga kardiorespiratornega odziva na telesno vadbo

Počepi – tahikardija – normalizacija pulza.  
Kisikov dolg.



# Kardiovaskularni sistem

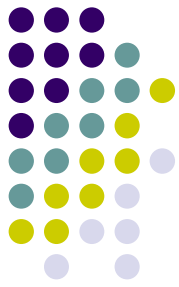


## - Valsalvin manever

- Vsaka motnja v kardiovaskularnem sistemu povroči spremembe v kardiovaskularni funkciji.
- Valsalvin manever=povečanje tlaka v prsnem košu. Zniža venozni priliv k srcu, zmanjša količino krvi iz srca. Posledično srednji arterijski tlak pade. Baroreceptorski refleks poveča pulz.

# Kardiovaskularni sistem

## - Valsalvin manever



- Meritev arterijskega tlaka in pulza.
- Klinična relevantnost: srčni bolniki prejemajo sredstva za lažje odvajanje/mehčalce stolice.
- Razumevanje: cirkulacije, avtonomne inervacije srca in žil, regulacije tlaka, Frank-Starlingovega mehanizma (?)
- Sfigmomanometer, stetoskop, štoparica, ležišče.

# Kardiovaskularni sistem



## - Valsalvin manever

- Zabeleži krvni tlak in pulz v mirovanju skozi pet minut.
- Valsalvin manever 30''.
- Zabeleži krvni tlak na koncu manevra in v 30'' intervalih skozi 5 minut. Meri pulz v 10'' intervalih skozi naslednjih 5 minut.
- Nariši KT in pulz skozi čas – pred in po manevru.



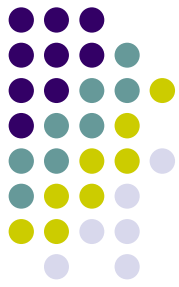
# Kardiovaskularni sistem

## - Valsalvin manever

- Možne težave:

Subjekt ne zmore dovolj povečati tlaka, ali pa ne zmore povečevati dovolj dolgo.

Izključiti učence s kakršnimikoli težavami s srcem ali obtokom.



# ŽIVČEVJE IN ČUTILA



- Refleksi
- Vid, vidne iluzije
- Somatosenzorika
- Weber-Fechnerjev zakon
- Reakcijski čas v skupini

# Živčevje in čutila

## - Refleksi



- “Stretch”
  - kolenski (patelarni ligament – Quadriceps f.)
  - gleženjski (Ahilova tetiva – M. gastrocnemius)
  - Receptorji so mišična vretena, ne Golgijevi r. v tetivi!
- Fleksor
  - Plantarni (fleksija palca, ekstenzija ob poškodbi piramidalnih poti; ekst. pri novorojenčku)
  - Abdominalni, kornealni (sklera je neodzivna)
- Pupilarni

# Živčevje in čutila

## - Refleksi novorojenčka



# Živčevje in čutila - ostrina vida



a  
b  
c  
a b c d c b a  
c  
b  
a

*premer fovee = (razdalja med črkami [mm X 16]) / (razdalja papir-oko)*

# Živčevje in čutila - slepa pega

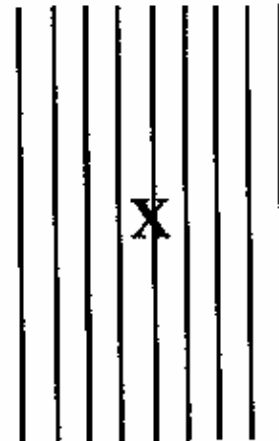


o

x

A second card with the same symbols but including a pattern of vertical lines over one symbol:

o



*premer slepe pege = (premer na tabli [mm] X 16)/(1000)*

*razd. med foveo in slepo pega = (razdalja na tabli [mm] X 16)/(1000)*

# Živčevje in čutila

## - vpliv aperture



- Približaj predmet očesu do meje, ko postane neoster
- Vstavi luknjico pred oko in ponovi
- Vpliv zmanjšanja napak leče (aberacija, difrakcija)

# Živčevje in čutila

## - Somatosenzorika



- Gostota kožnih mehanoreceptorjev

Dražljaj=tanek laks skozi ukrivljeno  
injekcijsko iglo

Mreža 3x3, 9 kvadratkov 0.5 cm x 0.5cm

Dlan, hrbet, obraz idr.

Najdi neobčutljiva mesta.



# Živčevje in čutila

## - Somatosenzorika



- Gostota kožnih mehanoreceptorjev

Ločevanje dveh točk draženja.

Kljunasto merilo, šestilo ipd.

“Čutiš en ali dva dražljaja?”

Dlan, hrbet.

# Živčevje in čutila

## - Somatosenzorika



- Lokalizacija na koži

Subjekt z zavezanimi očmi.

Konica prsta, zapestje, rama.

Narahlo in hitro nariši točko.

Subjekt naj z drugo barvo nariše točko na istem mestu. Pet ponovitev v naključnem vrstnem redu.

# Živčevje in čutila

## - Somatosenzorika



- Lokalizacija na koži

Subjekt z zavezanimi očmi.

Pokaže naj pregib komolca.

Nežno trepljaj roko na zapestju 2-4 Hz,  
pomikaj proti komolcu.

Subjekt pove, kdaj smo prišli do pregiba  
komolca.

# Živčevje in čutila

## - Somatosenzorika



- Občutljivost na premik  
Subjekt z zavezanimi očmi reproducira pozicije udov.  
Kdaj zazna premik dela prsta?  
Sorazmerna neobčutljivost sklepov,  
vloga mišičnih vreten

# Živčevje in čutila

## - Somatosenzorika



- Prostorski čut  
Subjekt z zavezanimi očmi identificira vsakdanje predmete. Rišemo simbole na kožo na različnih lokacijah. Prepoznavanje. Subjekt riše. Asimetrični simboli (B, 3, P) na čelo in na dlan.

# Živčevje in čutila

## - Somatosenzorika



- Weberjeva iluzija

Polagaj pare enakih in neenakih uteži na čelo  
Hladna utež se zdi težja od enako težke tople  
SA II mehanoreceptorji so občutljivi hkrati na  
mehansko draženje in hladno

# Živčevje in čutila

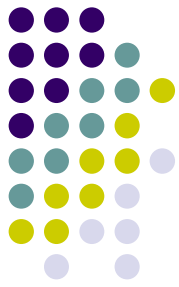
## - Somatosenzorika



- Webrov poskus treh posod  
20, 30, 40°C.  
L roka v 20°C, D v 40°C.  
Obe hkrati v 30°C.  
Adaptacija.  
Statična in dinamična občutljivost.  
Receptorji so občutljivi na statično T, vendar  
tudi (in predvsem) na hitrost spremembe T.

# Živčevje in čutila

## - Weber-Fechnerjev zakon



- Logaritemska zveza med dražljajem in odgovorom. Primeri:
- Prepoznavanje uteži
- Zastiranje svetila
- Zvok – decibeli



# Živčevje in čutila

## - Reakcijski čas



- Deset učencev v krogu
- Prvi stisne drugega za roko in sproži štoparico
- Reakcijski čas =  $1/10$  časa do prenosa informacije do desetega učenca

# Dihanje

## - Zadrževanje diha



- Oprema: štoparica, plastična vrečka (2l), ležišče, cca 100 g granulata “soda lime”
- Subjekt leži in zadržuje dih karseda dolgo
- Izmerimo čas do prvega vdiha

# Dihanje

## - Zadrževanje diha



- Poskus izvedemo ob maksimalnem vdihu in izdihu
- Poskus ponovimo po 2 min hiperventilacije
- 30 s vdihavanja in izdihavanja v vrečko
- Vdihavanje in izdihavanje v vrečko, v katero damo 100 g granulata absorberja CO<sub>2</sub>

# Dihanje

## - Zadrževanje diha



Opombe:

- Subjekt mora obvezno ležati
- Osredotočimo se na vlogo  $\text{CO}_2$  pri določanju potrebe po vdihu

# IZLOČALA



- Test ledvične funkcije s pitjem vode in izotonične raztopine soli  
-posledično večja ali manjša količina različno gostega urina
- Izločanje salicilne (Aspirin) in askorbinske kisline (C vitamin); titracija v urinu s FeCl (Aspirin) in 2.6-diklorofenolindofenolom

# TELESNA VADBA



- **Test hoje kot mera za ugotavljanje kardiovaskularne kondicije**
- **Hoja 2 km po ravnem, karseda hitro, s stalnim korakom**

# TELESNA VADBA



- BMI (Body mass index):  $BMI = m[\text{kg}] / l[\text{m}]^2$

[Lahek = <18.5 Normalen = 18.5-24.9 Težak = 25-29.9 Debelost= BMI > 30]

- M:  $420 - (11.6 \times \text{min}) - (0.20 \times \text{sec}) - (0.56 \times \text{pulz}) + (0.2 \times \text{starost}) - (2.6 \times \text{BMI})$
- Ž:  $304 - (8.5 \times \text{min}) - (0.14 \times \text{sec}) - (0.32 \times \text{pulz}) + (0.4 \times \text{starost}) - (1.0 \times \text{BMI})$
- “fitness index”: povprečje = 90-110