

Utsatt eksamen høst 2026

THP202 Treningsfysiologi 10 sp, 3 timer skoleeksamen

Emneansvarlig: Jostein Hallén

Informasjon gitt til studentene:

- Eksamen består av en utholdenhetsdel (50%) og en styrkedel (50%). Begge deler har tekst-oppgaver (til sammen 60% av poengene) og flervalgsoppgaver (40%).
- **Viktig om flervalgsoppgavene:** Flervalgsoppgavene vil ha 4 alternative svar. Det kan være ett eller to riktige svar. På hvert spørsmål får dere 2 poeng for helt riktig svar. Delvis riktig svar, feil svar og ingen svar gir 0 poeng.

Læringsutbytte som eksamen er knyttet til:

- analysere hvilke fysiologiske faktorer som er bestemmende for prestasjonen i ulike type aktiviteter
- beskrive hvilke faktorer som fører til treningstilpasninger i skjelettmuskulatur
- forklare hvordan kroppens fysiologiske systemer påvirkes av ulike former for kondisjon og utholdenhetstrening
- gjøre rede for hvilke faktorer som bestemmer muskelstyrken og hvordan disse kan påvirkes med trening
- forklare hvordan muskulatur, bindevev og knokler påvirkes ved styrketrening
- forklare hvordan de ulike treningstilpasningene kan påvirke vår fysiske yteevne

Oppgave 1 (15 poeng):

Kondisjonstrening kan øke det maksimale oksygenopptaket ($VO_{2\text{maks}}$). Forklar hvilke fysiologiske mekanismer som ligger til grunn for den treningsinduserte økningen i $VO_{2\text{maks}}$. Det er viktig å få frem hvordan de ulike mekanismene fører til økt $VO_{2\text{maks}}$, ikke bare hvilke endringer som skjer.

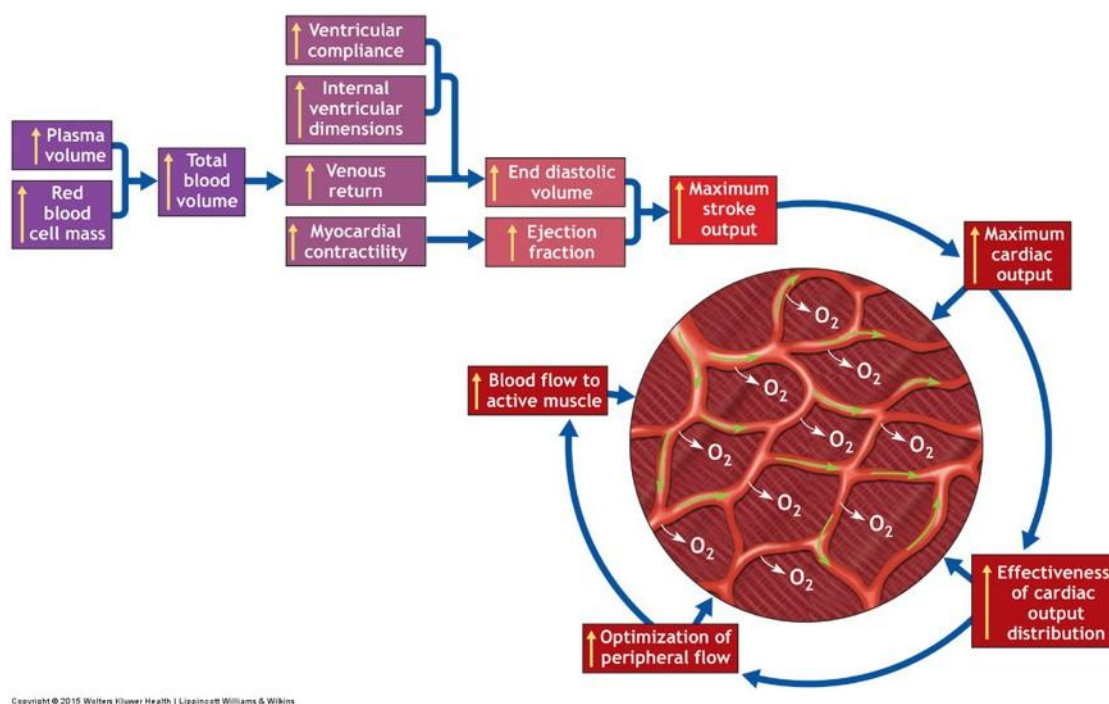
Sensorveiledning: Svaret bør ta utgangspunkt i Ficks ligning og diskutere hver enkelt faktor i denne. Om man diskuterer de ulike faktorene/leddene i ligninga uten å sette opp ligninga kan det være OK, men det er et pluss om ligninga er med og korrekt.

- Ficks ligning: $VO_{2\text{maks}} = SV_{\text{maks}} \cdot HF_{\text{maks}} \cdot (CaO_2 - CvO_2)$

Det er et pluss om leddene defineres (CaO_2 = oksygeninnhold i arterieblodet). Det vil være ekstra pluss om svaret diskuterer at SV_{maks} og HF_{maks} ikke nødvendigvis er maksimale på samme tidspunkt og at det er størrelsen på MV som er det viktige.

Effekter av utholdenhetstrening.

- HF_{maks} : Endres ikke. Det er noen plasser nevnt at HF_{maks} kan reduseres litt av kondisjonstrening. Det gir verken pluss eller minus om det nevnes.
- SV_{maks} er den enkeltfaktoren som har størst betydning for treningsinduserte endringen av VO_{2maks} . Her må svaret inneholde at $SV = EDV - ESV$ (EDV =endediastolisk volum; ESV =endesystolisk volum) og svaret må ta utgangspunkt i disse to størrelsene for videre å diskutere den treningsinduserte endringene i SV_{maks} . Ta utgangspunkt i figuren under og forklar hvilke treningsinduserte endringer som gir endra EDV og ESV og hvordan det påvirker SV_{maks} . Det er ikke nødvendig å tegne en tilsvarende figur, og det er heller ikke tilstrekkelig uten forklarende tekst.
- Det bør nevnes at effekten av disse endringene er økt MV og dermed økt O_2 -leveranse til kroppen.
- Det kan nevnes at CaO_2 kan reduseres litt som følge av økte MV gjennom lungene.



Oppgave 2 (15 poeng):

Geir har aldri drevet med systematisk kondisjonstrening før. Et år starter han å følge et 12 ukers treningsprogram med 3 – 4 løpeøkter i uka. Øktene var både langkjøringer og intervaller. Før og etter de 12 ukene fikk han målt oksygenopptak, hjerterefrekvens og laktat ved løping på tredemølle på 5 ulike submaksimale hastigheter (lavere enn maksimale). I

tillegg fikk han målt sitt maksimale oksygenopptak. Det maksimale oksygenopptaket hadde økt 10%.

Spørsmål:

- a) Ved 10 km/t hadde Geir før treningsperioden et oksygenopptak på $38 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Hva tror du oksygenopptaket er på denne farten etter treningsperioden? Begrunn kort svaret! (3 p)

Sensorveiledning: Omtrent det samme. Trening påvirker arbeidsøkonomien lite.

- b) Før treningsperioden var hjertefrekvensen 160 slag/min ved 10 km/time. Hva tror du hjertefrekvensen sannsynligvis er på denne hastigheten etter treningsperioden? Forklar kort mekanismene for denne endringen! (4 p)

Sensorveiledning: Hjertefrekvensen vil være redusert. Reduksjonen vil være i størrelsesorden det samme som økningen i VO_2maks . Her godkjennes relativt romslige anslag. Begrunnelse: SV vil være økt i prosent omtrent tilsvarende som økningen VO_2maks . Siden O_2 -forbruket er det samme vil MV være omtrent det samme og dermed vil HF være redusert tilsvarende som økningen i SV (produktet av SV og HF = MV).

- c) Før treningsperioden var laktatkonsentrasjonen i blodet $2,5 \text{ mmol/liter}$ ved løp på 10 km/timen og etter treningsperioden var konsentrasjonen $2,0 \text{ mmol/liter}$ ved den samme hastigheten. Hvor stor endring sannsynligvis forventer du i laktatkonsentrasjon ved 12 km/time i løpet av treningsperioden? Begrunn kort svaret! (3 p)

Sensorveiledning: Det vil være en reduksjon på minst $0,5 \text{ mmol/liter}$, sannsynligvis litt mer. Begrunnelsen er at Geir nå løper på en lavere % av VO_2maks . Hvor mye lavere kan være litt vanskelig i tekst, men formen på sammenhengen mellom intensitet og La- (kurven) antar vi vil være det samme før og etter trening.

- d) Før treningsperioden løp Geir et 10-km langt gateløp. Etter treningsperioden løp han samme løypa ved omtrent samme værforhold. I prosent var forbedringen i tid nesten dobbelt så stor som økningen av det maksimale oksygenopptaket. Med utgangspunkt i det du vet om prestasjonsfaktorer, hva er mulige forklaringer til dette? (5 p)

Sensorveiledning: Her vil det være viktig å oppgi hva som bestemmer prestasjonen, VO_2maks , utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi og eventuelt anaerob kapasitet. Arbeidsøkonomien endres lite, og anaerob kapasitet har liten betydning ved så langt løp. Årsaken må derfor være at utnyttingsgraden har blitt en god del bedre (ca 25%).

Sensorveiledning oppgave 3: Flervalgsoppgaver (20 poeng, 2 poeng per oppgave)

I arterielt blod i hvile er

- oksygeninnholdet cirka 100 mL per liter blod
- oksygeninnholdet cirka 200 mL per liter blod
- oksygentrykket normalt 1,3 kilopascal/40 mmHg
- oksygentrykket normalt 13,3 kilopascal/100 mmHg

Oksygeninnholdet i venøst blod i hvile er cirka

- 150 mL/L blod
- 200 mL/L blod
- 20 mL/L blod
- 100 mL/L blod

Hvilestoffskiftet til en person er typisk

- 1700 – 2700 kcal per døgn
- 700 – 1700 kcal per døgn
- 2000 – 3000 kcal per døgn
- 1200 – 2000 kcal per døgn

Slagvolumet i hvile hos en utrent person er typisk

- 200 mL
- 80 mL/min
- 160 mL
- 70 mL

Energiomsetningen i forbindelse med termisk effekt av matinntak er

- cirka 6% av den daglige energiomsetningen
- cirka 10% av den daglige energiomsetningen
- cirka 2% av den daglige energiomsetningen
- cirka 20% av energimengden i maten vi spiser

For hver liter oksygen forbrukt, er energiomsetningen ved lette arbeidsbelastninger cirka

- 18 kilojoule
- 5 kilokalorier
- 4 kilokalorier
- 20 kilojoule

En idrett er en utholdenhetsidrett når

- prestasjonsevnen faller i løpet av utøvelsen
- arbeidsøkonomien er viktig
- maksimalt oksygenopptak er en viktig prestasjonsfaktor
- utnyttingsgraden er høy

Blodvolumet er lik

- Plasmavolum multiplisert (ganger) med [Hb]
- Hemoglobinmasse dividert med hematokritt
- Summen av røde blodceller og plasmavolum
- Hemoglobinmasse dividert med [Hb]

Det er svært god sammenheng ($r > 0,85$) mellom

- Hemoglobinmasse og fettfri masse
- Maksimalt oksygenopptak og [Hb]
- Hemoglobinmasse kroppshøyde
- Maksimalt oksygenopptak og hemoglobinmasse

Hva er mekanisk effektivitet?

- Det sammen som arbeidsøkonomi
- Oksygenopptak på en bestemt hastighet
- Oksygenkostnad
- Eksternt arbeid dividert på energiforbruk

Oppgave 4: (8 poeng)

Hva er hyperplasi? Diskuter hvilken rolle hyperplasi spiller for muskelveksten vi ser etter styrketrening.

Sensorveiledning: Hyperplasi er at et organ vokser pga flere celler og spesifikt for muskelvekst vil dette da være at muskelen vokser pga økt antall muskelceller/ muskelfibre. Hyperplasi av muskulatur er godt dokumentert i dyremodeller men da etter mer ekstreme belastningsprotokoller og det er mer usikkert om dette skjer etter normal styrketrening hos mennesker, der hypertrofi er den viktigste mekanismen bak muskelvekst etter styrketrening.

Hyperplasi er vanskelig å måle direkte, men indirekte så er det flere holdepunkter at det kan skje. Studier viser at godt trente kroppsbyggere har større muskeltverrsnitt og tverrsnitt på muskelfibre enn utrente, men forskjellen er større for muskeltverrsnittet enn for tverrsnittet på hver enkelt fiber som tyder på at de dermed har flere muskelfibre. Man kan også se at tverrsnittet på muskelfibre kan øke opp til samme størrelse som kroppsbyggere har etter en lengre treningsperiode for utrente selv om muskeltverrsnittet som helhet er mindre. Det er også vist at spesielt for personer med store muskelfibre kan økningen i muskeltverrsnitt som helhet være større enn økningen i tverrsnittet på muskelcellene. En studie på lik fra unge menn viste at ikke dominant ben hadde større muskler i leggen og at flere muskelfibre bidro til dette. Data tyder derfor på at hyperplasi kan skje, spesielt hos personer med store muskelfibre før, eller etter en lengre periode med styrketrening da muskelfibre har blitt en viss størrelse. Hypertrofi er likevel den klart viktigste mekanismen bak muskelvekst ved styrketrening

Oppgave 5 (7 poeng)

Diskuter hvordan styrketrening kan påvirke muskelarkitekturen i fjærformede muskler (innfestingsvinkel og fasikkellengde)? Hvilke mulige konsekvenser har disse endringene for maksimal styrke og eksplosiv styrke?

Sensorveiledning: Innfestningsvinkelen øker vanligvis etter en periode med styrketrening med variasjoner mellom 7-35%. Variasjonen skyldes ulikheter i treningsprogram og ulik grad av hypertrofi. Økning i vinkelen betyr at vi kan få flere sarkomerer i parallell med mindre tverrsnittøkning av muskelen som helhet, altså en større økning i fysiologisk tverrsnittsareal enn anatomisk tverrsnittsareal. Dette kan bidra til at maksimal styrke og kraften ved langsomme bevegelser øker mer enn det anatomiske tverrsnittet skulle tilsi på tross av at kraften nå virker mer skrått på muskelens lengderetning.

Fasikkellengden er vanligvis uendret eller kan øke litt etter tung styrketrening,. Dette er avhengig av flere forhold, der trening på lang muskellengde og eksentrisk trening bidrar til å øke fasikkellengden. En økning i fasikkellengden skyldes økt antall sarkomerer i serie og en økt fasikkellengden kan dermed bidra til å øke maksimal kraften ved raske forkortningshastigheter. Det kan også ha betydning for hvor i bevegelsesbanen man kan utvikle mest kraft.

Oppgave 6 (10 poeng)

Styrketrening gir nevrale tilpasninger, men disse tilpasningene avhenger av hvordan styrketreningen utføres. Ta utgangspunkt i 2 metoder/former for styrketrening og forklar hvilke nevrale tilpasninger du forventer. Si noe om hvorfor disse nevrale endringene er av betydning, eventuelt hvorfor de ikke er særlig viktige sammenliknet med andre tilpasninger, som muskelvekst.

Sensorveiledning: Ved power-trening, med maksimal innsats og intensjon om raske bevegelser, forventes det økt fyringsfrekvens, særlig i starten av en isometrisk/konsentrisk kontraksjonen. Såkalte dubletter og tripletter i starten av en kontraksjon kan komme opp i 200 Hz etter trening. Det er også mulig å se en redusert (kraft-) terskel for rekruttering av motoriske enheter. Både raskere rekrutteringen og, spesielt, økt fyringsfrekvens er nødvendig for økt rate of force development (RFD), som igjen er prestasjonsbegrensende i mange bevegelser/idretter der spenst og hurtighet er viktig. I komplekse øvelser som hopp- og kast-bevegelser vil også raskere rekruttering av motoriske enheter, samt en mer effektiv koordinering mellom agonister, synergister og antagonister være å forvente og viktig for bedre prestasjon.

Kroppsbyggertrening/hypertrofi-trening, foregår ofte med relativt rolige bevegelser. Det er også vanlig å benytte isolasjonsøvelser med bevegelse i kun et ledd, som kneekstensjon eller «bicipes-curl». Hypertrofitrening setter lave krav til nervesystemet, for det er muskelvekst som er viktig. Følgelig forventes det beskjedene nevrale tilpasninger til denne type trening. Velges knebøy eller markløft som treningsøvelser, vil vi likevel kunne se en bedre koordinering mellom agonister, synergister og antagonister.

Oppgave 7 (5 poeng)

Hvordan kan riktig tilrettelagt styrketrening påvirke muskelstyrke, muskelmasse og muskelkvalitet hos en ellers frisk 80-åring som starter med styrketrening og følges over 12 uker?

Sensorveiledning: Vi ser omtrent de samme endringer i relative termer som det vi ser hos yngre; typisk økning i muskelstyrke på 20-40% om styrke testes som 1 RM i en treningsøvelse og økning i tverrsnittsareal på muskelbuk på 5-15%. Tall på muskelkvalitet er noe mindre undersøkt, men vil da også her være differansen på den endring vi ser i muskelstyrke og den tilhørende økningen i musklens tverrsnittsareal. NB! Enda større individuell variasjon enn hos yngre

Oppgave 8

Sensorveiledning oppgave 8: Flervalgsoppgaver (20 poeng, 2 poeng per oppgave)

Følgende fysiologiske tilpasninger etter styrketrening kan føre til at "rate of force development" i en isometrisk kontraksjon øker:

- Økt muskeltverrsnittsareal
- Overgang fra type 2X til 2A fibre
- Økt synkronisering av aksjonspotensialer
- At vi får økt forekomst av dubletter og tripletter (aksjonspotensialer) i starten av kontraksjonen

Når en utrent person starter med regelmessig tung styrketrening, forventer vi i løpet av de første ukene å se:

- En overgang fra fibertype IIA til IIX
- En overgang fra fibertype IIX til IIA
- Ingen endring i forholdet mellom fibertype I og II (IIA+IIX)
- En overgang fra fibertype IIA til I

Hva er riktig om seners tilpasning til styrketrening

- De kan øke i tverrsnittsareal
- Kvinner har raskere tilpasning i sener enn menn
- Fjærstivheten øker
- De blir mer elastiske

Når en muskels tverrsnitt vokser som følge av styrketrening er tverrsnittøkningen vanligvis

- Uniform langs hele muskelens lengdeakse
- Størst der muskelen i utgangspunktet var minst
- Størst der muskelen i utgangspunktet var størst
- Størst ved muskelen utspring

Endringer i muskelfiberlengde kan påvirke muskelstyrken

- Ved å påvirke overlapp mellom aktinfilamentene og myosinhodene
- Ved å endre lengden på senene
- Ved at antall sarkomerer i serie kan påvirke maksimalkraft ved økende forkortningshastighet
- Det fører til økning til sarkomerer i parallell

Ved samme muskelfibertypesammensetning, hvilke konsekvenser vil hypertrofi kunne ha for muskelens kontraktile egenskaper?

- Muskelen får høyere relative (%) maksimal “rate of force development” (RFD)
- Muskelen får høyere absolutt RFD (N/s)
- Muskelen kan bli mer utholdende, fordi Ca^{2+} -ionene når de midtre deler av myofibrillen langsommere
- Muskelens kontraktile egenskaper vil ikke endres

Myostatin kan være med på å regulere muskelmassen i et individ ved at:

- Økt mengde myostatin i en muskel øker hastigheten på proteinsyntesen
- Redusert mengde aktivt myostatin i fosterlivet kan føre til at det dannes flere muskelfibre
- Økt mengde myostatin ved styrketrening kan aktivere satellittcellene
- Redusert mengde myostatin ved styrketrening kan aktivere satellittcellene

Hva er riktig om hormoner?

- Fysiologiske nivåer av testosteron er avgjørende for den generelle forskjellen i muskelmasse mellom menn og kvinner, men har mindre å si for den relative utviklingen av muskelmasse ved styrketrening.
- Østrogen er hormon som begrenser utviklingen av muskelmasse hos kvinner.
- Veksthormon kan øke kraftig under en styrketreningsøkt og er avgjørende for muskeloppbyggende effekten.
- Veksthormon kan øke kraftig ved styrketrening, men det er usikkert om denne hormonresponsen har betydning for den muskeloppbyggende effekten.

Når 80 åringer starter med regelmessig styrketrening kan de i løpet av 12 uker med optimal trening få:

- Økt muskelstyrke i treningsøvelsene med 20-40%
- Økt muskelmassen med 1-3 kg hvis de trener helkroppsprogram
- Flere muskelfibre
- Redusert synkronisering av aksjonspotensialer

Hvilke forklaringer under er godt dokumenterte for det tapet vi ser i muskelstyrke ved økende alder (typiske forskjeller mellom 20-åringer og 80-åringer)?

- Redusert størrelse på muskelfibre (atrofi)
- Redusert lengde på sener
- Redusert antall muskelfibre
- Redusert synkronisering av aksjonspotensialer