

Sensorveiledning: Ordinær eksamen i THP202, mai 2022.

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. Om det er to riktige alternativer og dere svarer én riktig får dere 1 poeng. For hver feil får dere minus 1 poeng. Ingen svar gir 0 poeng.

Oppgave 1 (15 poeng):

Line er en kvinne på 24 år. Line har aldri drevet med systematisk kondisjonstrening før, men har det siste halvåret løpt noen rolige turer på rundt 30 minutter, men sjelden mer enn 1 gang per uke. Hun likte løping godt og fikk en medstudent til å lage et 12 ukers treningsprogram med 3 – 4 løpeøkter i uka. Øktene var både langkjøringer og intervaller. Før treningsperioden fikk hun, i forbindelse med en laboratorieoppgave, målt oksygenopptak, hjerterefrekvens og laktat ved løping på tredemølle på 5 ulike submaksimale hastigheter (lavere enn maksimale). I tillegg fikk hun målt sitt maksimale oksygenopptak. Etter 12 uker med systematisk kondisjonstrening ble hun testet igjen.

Velg en realistisk økning av det maksimale oksygenopptaket for Line etter 12 uker med systematisk kondisjonstrening og svar deretter på følgende spørsmål:

- a) Hvor stor økning (i prosent) av det maksimale oksygenopptaket har du valgt for Line? (1 p)

Sensorveiledning: Det er stor forskjell på hvor mye ulike personer responderer på kondisjonstrening, typisk fra 5% - 30% (i sjeldne tilfeller mer). Alle forslag mellom 5% og 40% vil gi poeng.

- b) Ved 10 km/t hadde Line 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! (2 p)

Sensorveiledning: Omtrent det samme. Trening påvirker arbeidsøkonomien lite.

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

Sensorveiledning: Hjerterefrekvensen vil være redusert (0,5 p). Reduksjonen vil være i størrelsesorden det samme som økningen i $VO_2\text{maks}$ (1 p). Her godkjennes relativt romslige anslag. Begrunnelse (2,5 p): SV vil være økt i prosent omtrent tilsvarende som økningen $VO_2\text{maks}$. 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).

- d) Før treningsperioden var laktatkonsentrasjonen i blodet 2,5 mmol/liter ved løp på 10 km/timen og etter treningsperioden var konsentrasjonen 2,0 mmol/liter ved den samme hastigheten. Hvor stor endring sånn cirka 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 mmol/liter, sannsynligvis litt mer (2 p). Begrunnelsen 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.

- e) Før treningsperioden løp Line et 10-km langt gateløp. Etter treningsperioden løp hun samme løypa ved omtrent samme værforhold. I prosent var forbedringen 25% større enn 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 bra å oppgi hva som bestemmer prestasjonen, VO₂maks, 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%).

Oppgave 2 (15 poeng):

En av årsakene til at Line i oppgave 1 fikk økt sitt maksimale oksygenopptak er at hun fikk økt blodvolum.

- a) Hvilke komponenter i blodet kan øke i forbindelse med kondisjonstrening? (3 p)

Sensorveiledning: 1) Plasmapvolum og 2) Volum blodceller som betyr økt total hemoglobinmasse.

- b) Beskriv Ficks ligning! Endring i blodvolum kan påvirke en eller flere faktorer i Ficks ligning. Beskriv hvilke faktorer og hvordan endringer i blodvolum påvirker disse! (6 p)

Sensorveiledning: Ficks ligning: $VO_2 = HF \times SV \times (CaO_2 - CvO_2)$. CaO_2 = oksygeninnhold i arterien og CvO_2 = oksygeninnhold i venen. Økning i blodvolum kan først og fremst øke maksimalt SV. Dette skjer gjennom økt venøs tilbakestrømning som gir økt slutt-diastolisk volum (endediastolisk volum (EDV)) og dermed økt SV. For å få 6 p bør man ha med at økt EDV gir økt strekk på hjertemuskelcellene og gjennom Frank-Starling mekanismen gir det også en kraftigere hjertekontraksjon. Økt blodvolum etter trening betyr også økt hemoglobinmasse, men pga det økte PVet gir dette gir normalt ikke økt Hb-konsentrasjon og dermed påvirker den ikke inn på CaO_2 . Det bidrar likevel til å opprettholde Hb-konsentrasjonen og CaO_2 ved økt PV.

- c) Den arterie-venøse oksygen-differansen er en av faktorene i Ficks ligning som potensielt endrer seg ved kondisjonstrening. Beskriv de fysiologiske mekanismene bak denne endringen. (6 p)

Sensorveiledning: Arterie-venøse oksygen-differanse = $CaO_2 - CvO_2$. Den største effekten av trening er reduksjon i CvO_2 . Dette igjen skyldes først og fremst økning i kapillarisering, men kan også påvirkes av oksidativ kapasitet (økt mitokondrievolum). Det bør også tas med at økt kapillarisering gjør at tross i økt blodgjennomstrømming kan transittiden opprettholdes lang og kanskje til og med økes ift utrent tilstand. Optimalisert bloddistribusjon både lokalt i muskelen og optimalisert distribusjon av MV til de arbeidende musklene bør også nevnes for å få 6 poeng. Det må også nevnes det faktum at godt trente kan få redusert CaO_2 som effekt av ufullstendig Hb-metning i lungene.

Oppgave 3 (flervalgsoppgaver) (20 poeng)

Sett kryss foran rett(e) svar!

Oksygenopptaket i hvile (liggende) hos en voksen normalvektig person kan typisk være

- **240 ml/min**
- 100 ml/min
- 430 ml/min
- **270 ml/min**

Slutt-diastolisk volum minus sluttsystolisk volum er

- Minuttvolumet
- **Slagvolumet**
- **Blodmengden som pumpes ut av høyre ventrikkel per hjerteslag**
- Ejeksjonsfraksjon

Det røde blodcellene utgjør omtrent hvor mye av blodet?

- 25%
- **40%**
- 55%
- 70%

I starten av et sykkelarbeid skjer følgende med det systoliske blodtrykket (SBT) og det diastoliske blodtrykket (DBT)

- Begge øker
- **SBT øker og DBT endres ikke eller reduseres**
- Begge reduseres.
- SBT reduseres og DBT endres ikke eller øker

Hvilke(n) av følgende mekanismer vil redusere slagvolumet

- Økt preload
- **Økt afterload**
- Økt kontraktilitet
- **Redusert sympaticus**

Hvilke(n) av følgende utsagn beskriver mest korrekt endringen i det maksimale minuttvolumet som effekt av kondisjonstrening?

- Minuttvolumet i hvile øker
- Minuttvolumet under et gitt submaksimalt arbeid reduseres
- **Minuttvolumet ved maksimalt arbeid øker**
- Minuttvolumet øker både i hvile, ved submaksimalt og maksimalt arbeid

Hva er 'mekanisk effektivitet'?

- Arbeidsøkonomien
- **Eksternt arbeid dividert med totalt energiforbruk**
- Utnyttingsgrad
- Oksygenopptak på en bestemt intensitet

I arterielt blod i hvile

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

Slagvolumet hos en utrent person i hvile kan typisk være

- 70 mL/min
- 130 mL
- **70 mL**
- 90 mL/min

Hvilke(n) av følgende målinger indikerer at lungene er begrensende for det maksimale oksygenopptaket?

- **Oksygenmetning i arterieblod under maksimalt arbeid er 91%**
- Oksygenmetning i arterieblod under maksimalt arbeid er 97%
- Oksygenmetning i veneblod under maksimalt arbeid er 85%
- **Oksygenmetning i arterieblod under maksimalt arbeid er 88%**

Oppgave 4 (15 poeng):

Stimuli for muskelvekst (15 poeng)

- a) Både mekanisk drag og metabolsk stress regnes som primære stimuli for muskelvekst ved styrketrening. Beskriv kort hvor i muskelvevet disse stimuliene kan fanges opp (hvor sitter «sensorene» som sanser de ulike stimuli?) og gi en kort beskrivelse av hvordan dette kan aktivere en signalvei som øker muskelproteinsyntesen. (5 p)

Sensorveiledning: Vi har strekkfølsomme sensorer i myofibrillstrukturen, i cytoskjelettet og i overgangen membran – ekstracellulærmatriks som alle kan endre form ved aktivt eller passivt strekk på en muskel og dermed sette i gang signalveier ved fosforyleringskaskader. Sensorene for det metabolske stresset er mer uklare, men vi har bl.a. generelle stressresponser som setter i gang fosforyleringskaskader som bl.a. involverer MAPK (bl.a. oksidativt stress, endringer i pH etc). Signalveiene som aktiveres er både MAPK-er og mTOR veien som begge via flere fosforyleringstrinn øker hastigheten både på initieringen og elongeringen i translasjonen slik at hastigheten på proteinsyntesen øker. Sentralt er p70S6K og aktivering av initieringsfaktorer og elongeringsfaktorer.

- b) For at muskelveksten skal fortsette over tid må kapasiteten til hele proteinsyntesemaskineriet økes. Beskriv kort hvilke komponenter i proteinsyntesemaskineriet vi vet påvirkes av jevnlig styrketrening over tid (flere uker) og hvordan tilpasninger i disse komponentene påvirker kapasiteten til å produsere nye muskelproteiner! (5 p)

Sensorveiledning: Ved regelmessig styrketrening får vi en oppregulering av ribosomalt RNA og de andre komponentene i ribosomene og vi får økt antall satellittceller og myokjerner. Økt antall ribosomer vil øke kapasiteten i translasjonsprosessen slik at maksimal hastighet på denne økes og økt antall myokjerner øker kapasiteten for transkripsjon. Betydningen av økningen i antall satellittceller er uklar, men det er mulig at dette kan øke den lokale produksjonen av vekstfaktorer. Økningen i ribosomer og myokjerner ser ut til å være essensiell for at det skal kunne skje en betydelig hypertrofi over tid. Om man blokkerer disse prosessene ser det ut til at muskelveksten blir kraftig redusert ved samme stimuli.

- c) Det ser ut til at styrketrening med lav motstand med okkluderte lemmer kan gi muskelvekst i samme størrelsesorden som tradisjonell styrketrening med tung motstand. Beskriv kort hvor stor muskelvekst vi kan forvente over 10-12 uker med de to treningsformene og diskuter likheter og ulikheter vi ser med muskelveksten som følger tradisjonell trening med tunge vekter vs. muskelveksten vi ser med okklusjonstrening med lette vekter. (5 p)

Sensorveiledning: For de muskelgruppene som trenes er det vanlig å se en økning i muskelbuenes tverrsnittsareal på 10-15%; overkroppsmuskler i det øvre sjiktet og muskulatur i bein litt lavere. Disse tallene gjelder for tidligere utrente personer og jo bedre trent man blir jo mindre blir den forventede muskelveksten. Forutsetningen er at man følger treningsprinsippene for de to metodene og har regelmessige stimuli minst 2-3 ganger per uke. Selv om den totale muskelveksten blir like stor ser det ut til at veksten av de ulike muskelfibrene er forskjellig. Tradisjonell styrketrening med stor motstand gir størst vekst av type II fibre (typisk 20-40% mot 10-20% i type I fibre), mens okklusjonstrening med lav motstand ser ut til enten å gi lik muskelvekst i type I og II fibre eller som vist i enkelte studier med spesifikk hypertrofi i type I fibre. Det er noen indikasjoner på at de to treningsmetodene også kan gi noen ulikheter i lengdevekst, som f.eks. tilpasninger mot mer optimal muskellengde rundt «sticking-point» ved trening med tunge vekter, men dette er foreløpig usikkert.

Oppgave 5 (15 poeng)

- a) Hvor i nervesystemet kan det skje endringer som kan øke vår evne til å generere muskelkraft? Nevn og beskriv maksimalt 3 områder/strukturer. Definer hvordan du ville testet muskelstyrke før og etter en styrketreningsperiode og hvilke metoder du ville brukt til å studere nevralt adaptasjon (beskriv inntil 3 metoder). (7 p).

Sensorveiledning: De viktigste er motoriske barkområder og spinalnivå: Økt aktivitet fra primærmotorisk hjernebark (Betz'ske celler) etter innspill fra pre-/supplementær motoriske barkområder og mulig økt aktivitet i andre nedadgående baner som rubrospinal og retikulospinale baner (anatomikunnskaper forventes fra tidligere kurs). På spinalt nivå er det økt aktivitet i motoriske forhornceller: rekruttering av motoriske enheter og økt fyringsfrekvens fra hver av dem. Endringer på spinalt nivå kan komme av endringer i internevroner og regulering av disse fra supraspinalt nivå. Pluss for å komme med konkrete eksempler.

For å undersøke nevralt adaptasjon vil transkranieell magnetisk stimulering av motorisk hjernebark, interpolert twitch/tetanisk stimulering og EMG (gjærne HD-EMG) være en god kombinasjon. Maksimale isometriske kontraksjoner er den beste formen for styrketest om disse metodene skal kunne utnyttes best mulig. Både maksimal kraft og kontraksjonshastighet (RFD) er relevant å nevne.

- b) Beskriv to måter sener kan påvirke egenskapene til muskel-senekomplekset og hvordan dette kan endres med trening? (4 p).

Sensorveiledning: Sene-egenskaper: 1) Bedre muskelens arbeidsforhold ved at musklene kan ha mindre lengdeendringer ved at sene strekkes under en kontraksjon. Dette kan gi større kraft i henhold til kraft-hastighetsforholdet og kraft-lengdeforholdet, samt lavere energikostnad (mindre arbeid ved mindre lengdeendringer). 2) Effekt-amplifisering (W) via elastiske egenskaper – energi laget i eksentrisk fase (f.eks. dorsalfleksjon i ankelen) kan frigis sammen med en konsentrisk kontraksjon (plantarfleksjon). En tredje egenskap ved sener er at de kan ta opp (buffere) energi under bremsearbeid (eksentrisk muskelarbeid), som en landing etter et hopp eller retningsendringer under løp, slik at muskulaturen forlenges/belastes mindre. Pluss for å komme med konkrete eksempler.

Trening kan endre fjærstivheten til senene og musklene så de tilpasses idrettens krav. Sene-fjærstivheten kan endres ved økt tykkelse og/eller ved å endre materialegenskapene. Pluss for å gå mer i detalj på hvordan materialegenskaper kan endres, f.eks. væskeinnhold/proteoglykaner og «cross-links».

- c) Beskriv to mekanismer som gjør at styrketrening kan gi økt prestasjonsevne i en kondisjons-/aerob utholdenhetsidrett. Velg én idrett som eksempel. (4 p).

Sensorveiledning: I sykkel kan styrketrening via økt muskelmasse i knestrekkerne gi bedre sprint-/spurt-egenskaper. Muskelvekst kan gi både økt kraftpotensial (maks. watt) og bedre «anaerob»/glykolytisk (W) kapasitet (bedre langspurt). Styrketrening kan også gi bedre utholdenhet over lang tid (timer), men her mekanismene mer uklare. En mulighet er muskelvekst av type-I-fibre, som gir større kraftpotensial hos disse enhetene. Dette gjør igjen at en syklist kan fortsette å benytte type-I-motoriske enheter på tross av muskulaturen gradvis trettes ut – dvs. utsette eller unngå rekruttering av mindre arbeidsøkonomiske type-II-motoriske enheter. Mer uthvilte type-II-motoriske enheter kan så utnyttes ved typisk kraftige intensitetsøkninger under de siste (f.eks. 5) minuttene av et ritt.

Oppgave 6 (flervalgsoppgaver) (20 poeng)

Sett kryss foran rett(e) svar!

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**

Elektromyografi er en metode basert på

- **Avlesning av den elektriske aktiviteten i muskelvevet under elektrodene**
- Avlesning av nerveimpulser i aksonene til de motoriske forhornscellene
- Avlesning av elektriske impulser i en muskel som sier noe om hvor mye kraft muskelen genererer
- Måler strømmen i musklene

Hvilke(n) av kinasene nevnt under kan øke hastigheten på muskelproteinsyntesen? Økt aktivitet i kinasen(e) ~~reduserer~~ **øker** hastigheten på proteinsyntesen!

Her var det en feil i oppgaven og alle får 2 poeng («reduserer» skulle være «øker»).

- AMPK
- **mTOR**
- **p70^{S6K}**
- PFK

Hvilke(n) av vekstfaktorene nevnt under ser ut til å være viktige for aktiveringen av satellittceller?

- **MGF**
- VEGF
- **HGF**
- CDGF

Ved tung styrketrening (>80% av 1RM) vil senene til trente muskler mest sannsynlig

- bli tykkere (økt tverrsnittsareal), men bare i den proksimale enden
- bli mer ettergivelige, så de kan lagre mer energi
- **få høyere fjærstivhet ved økt tykkelse (tverrsnittsareal) og/eller ved at materialeegenskapene endres (Youngs modulus)**
- få høyere fjærstivhet kun ved at materialeegenskapene endres (Youngs modulus)

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

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

Etter 6-uker med 5x5RM i knebøy, i hva forventer du størst og minst fremgang (står i rekkefølge):

- 1RM (størst fremgang), 4RM, vertikal spenst og 40-m-sprint (minst)
- Vertikal spenst (størst fremgang), 4RM, 1RM og 40-m-sprint (minst)
- **4RM (størst fremgang), 1RM, vertikal spenst og 40-m-sprint (minst)**
- 4RM (størst fremgang), 1RM, 40-m-sprint og vertikal spenst (minst)

Hvilke forklaringer under er godt dokumenterte for det tapet vi ser i muskelstyrke ved økende alder?

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

Hvordan vokser en muskelfiber ved hypertrofi?

- Økt antall muskelfibre, ettersom store muskelfibre splittes i to.
- **Økt antall myofibriller, ved dannelse av nye myofibriller og ved at store myofibriller splittes i to**
- Økt antall satellittceller
- Ved at satellittceller donerer sin kjerne til en muskelfiber

Hva er forventet effekt av styrketrening på fibertypesammensetningen?

- Økt andel type-I-fibre
- Økt andel type-IIa-fibre og type-IIx-fibre
- Redusert andel type-I-fibre, økt andel type-IIa og redusert andel type-IIx-fibre
- **Økt andel type-IIa og redusert andel type-IIx-fibre**