

Utsatt eksamen THP202 høst 2025
Styrkedel: 50 poeng

Oppgave 1

Om muskelvekst (13 poeng)

- a) Hvor mye vil du anslå at en muskel kan vokse i tverrsnittsareal i løpet av 3 måneder hos en utrent person som starter med regelmessig styrketrening? Begrunn svaret på bakgrunn av relevante forutsetninger for muskelvekst (som kjønn, alder, osv.). (4 p)
- b) Diskuter IGF-1s rolle i muskelvekst ved styrketrening. (3 p)
- c) Diskuter muligheten for lengdevekst av muskelfibre som følge av en periode med styrketrening. (3 p)
- d) Diskuter om det er fibertypeforskjeller ved muskelvekst som følge av styrketrening. (3 p)

Sensorveiledning

- a) 0.1-0.5% per treningsøkt gir en framgang på 2-18% avhengig av antall økter per uke. Kjønn og alder har i seg selv relativt lite å si. Tilstrekkelig energiinntak vil kunne ha en betydning, og mer for eldre enn yngre. Treningsvolum og -kvalitet (innsats) kan bety mye.
- b) IGF-1 er en sentral vekstfaktor for muskelvekst ved styrketrening. Her kan kandidaten referere til dyremodeller som viser at IGF-1 er viktig både for økning i proteinsyntesen etter hver treningsøkt og for satellittcelleaktivering.
- c) Det er potensial for lengdevekst, men primært i muskler med fjærform – som vastus lateralis. Dette avhenger av at musklene strekkes under treningen.
- d) Type-2-fibre har større vekstpotensial ved tradisjonell tung styrketrening. Det er mindre forskjeller med styrketrening ved moderat tunge vekter og flere repetisjoner. Type-2x-fibre synes å konvertere til type-2a, mens det er ingen endring i fordelingen av andelen type-1- og type-2-fibre.

Oppgave 2

Om nervesystemets aktivering av muskler (12 poeng)

- a) Forklar hvordan muskelkraft reguleres under viljestyrte isometriske kontraksjoner. (3 p)
- b) Under en periode med maksimal isometrisk styrketrening, hvilke nevrale adaptasjoner forventer du? (3 p)
- c) Hvordan kan du teste aktiveringsgraden i en maksimal isometrisk viljestyrt kontraksjon? (2 p)
- d) Hvilke nevrale tilpasninger forventer du som følge av styrketrening av 1) isolerte muskelgrupper (f.eks. biceps-curl) og 2) flerleddsøvelser (f.eks. knebøy)? (4 p)

Sensorveiledning

- a) Under «ramp»-kontraksjoner: rekruttering av type-I-motoriske enheter før type-II-enheter (hierarkisk rekruttering av motoriske enheter). Økt/høy fyringsfrekvens i den enkelte motoriske enhet er nødvendig for å nå maksimalkraft. Kraftreguleringen med rekruttering og fyringsfrekvens varierer mellom muskler. Ved ballistiske kontraksjoner kreves det maksimal rekruttering og fyringsfrekvens umiddelbart.

- b) Lavere rekrutteringsterskel, høyere fyringsfrekvens ved maksimal innsats. Lavere antagonistaktivering.
- c) Med metoder der elektrisk eller magnetisk stimulering sammenliknes eller kombineres med voluntære kontraksjoner, som interpolated twitch technique. EMG kan si noe om muskelaktivering, men er ikke en god metode for å kvantifisere aktiveringssvikt.
- d) Isolerte muskelgrupper: Forbedret evne til å rekruttere motoriske enheter og økt fyringsfrekvens i agonisten(e) er mest avgjørende. Flerleddsøvelser: bedre koordinering av agonister, synergister og antagonister.

Oppgave 3

Styrketrening og aldring (16 poeng)

- a) Hva er normal aldersutvikling av muskelstyrke, muskelmasse, fibertypesammensetning og beinmineraltetthet fra 50 til 80 års alder? (8 p)
- b) Hva forventer du av endringer i muskelstyrke, muskelmasse og beinmineraltetthet hos eldre personer (>65 år) i løpet av 3 måneder med styrketrening 3 ganger per uke? (5 p)
- c) For å måle endringer i variablene muskelstyrke, muskelmasse og beinmineraltetthet, hvilke tester/målinger ville du inkludert? Begrunn valgene. (3 p)

Sensorveiledning

- a) Muskelstyrke og muskelmasse vil reduseres gradvis fra 40-50-årsalder. Fra 70-årsalder er forfallet raskere og muskelstyrken faller raskere enn muskelmassen. Dette betyr at kvaliteten – den spesifikke styrken – i muskelvevet synker. En mer eller mindre selektiv fibertype-2-atrofi og senere tap av type-2-motoriske enheter, gjør muskulaturen mer fibertype-1-dominert. Eldre merker ekstra godt at muskulaturen blir tregere (reduert RFD og «power»). Beinmineraltettheten synker sammen med muskelmassen, men den kan falle ekstra raskt hos kvinner etter menopausen.
- b) Styrketrening fungerer relativt sett ganske likt på eldre som hos yngre. Men dette skyldes i stor grad at eldre har et lavere utgangsnivå og at de gjenvinner noe av styrken og muskelmassen de har tapt. 1-2 kg økning i muskelmasse og 20-50% økning i maksimalstyrke kan forventes.
- c) Muskelstyrke: Maksimale styrketester, som 1RM (treningsøvelse) og isometriske og/eller isokinetiske tester over kne- og albueleddet. Muskelmasse: MR for tverrsnittsareal og DXA for kroppssammensetning og beinmineraltetthet. Disse testene komplementerer hverandre og har god validitet.

Oppgave 4

Styrketrening og prestasjon (9 poeng)

- a) Nevn tre idretter og ranger dem etter hvor viktig styrketrening er for prestasjonsutvikling. Begrunn svaret. (6 p)
- b) Forklar hvorfor det er en sterk korrelasjon mellom fettfri vekt og prestasjon hos styrkeløftere (knebøy, markløft og benkpress). (3 p)

Sensorveiledning

- a) Styrkeløft/vektløfting, 2) lagidrett som håndball og 3) langdistanseløping/sykling. Styrkeløft/vektløfting er i prinsippet styrketrening og er selvforklarende. I en idrett som håndball er det krav til kroppskontakt («brytning») samtidig som det er krav til hurtighet og spenst. Det er god dokumentasjon for at styrketrening er viktig i utviklingen av disse egenskapene, og håndballspillere kan bruke mye tid på styrketrening i ressursperioder (2-4 økter per uke). I langdistanseløping kan styrketrening bidra til bedre løpsøkonomi og kanskje virke skadeforebyggende. Men styrketrening vil ha liten betydning for prestasjonsutviklingen sammenliknet med utholdenhetstreningen, og utgjør typisk mindre enn 5-10 % av treningstiden.
- b) Fettfri vekt er kroppsvekten minus fettmassen. Dette er ikke et direkte mål på muskelmassen, men den er sterkt assosiert med muskelmassen – særlig hos idrettsutøvere innen samme idrett. Med utgangspunkt i at fettfri vekt er knyttet til muskelmasse som igjen er knyttet til styrke, er det ofte en sterk inter-person-relasjon mellom fettfri vekt og prestasjon i styrkeløft.

Utholdenhetsdel: 50 poeng

Oppgave 1 (30 poeng)

Hundre personer gjennomførte et effektivt program med utholdenhets trening i 8 uker. Treningen bestod av 2 effektive intervalløkter og to effektive langkjøringer på 40 – 60 minutter hver uke. Før og etter treningsperioden ble det maksimale oksygenopptaket målt. Under denne testen ble også minuttvolumet målt. I tillegg ble det før og etter treningsperioden tatt muskelbiopsier og deltakerne gjennomførte en 3000 meter-løpetest. I gjennomsnitt økte det maksimale oksygenopptaket med 9 %.

- a) (1) Ti personer hadde liten endring av det maksimale oksygenopptaket, i gjennomsnitt 1%. Gjennomsnittlig endring for de 10 personene som hadde størst fremgang var 18%. Angi to mulige årsaker til at noen fikk større fremgang enn andre. (3 poeng)

Sensorveiledning: Det er spesielt treningsstatus og arv som påvirker effekten av trening.

- b) (2) Hvor stor fremgang forventer du at deltakerne i gjennomsnitt fikk på 3000 meter-testen? Forventer du at deltakerne har samme variasjon, mindre variasjon eller større variasjon i forbedringen på 3000 m som for det maksimale oksygenopptaket? Begrunn svaret! (5 poeng)

Sensorveiledning: Det forventes omtrent samme %vise fremgang på 3000 m og samme variasjon i fremgang som for VO₂maks (forsøk har også bekreftet dette). Begrunnelsen er at på 3000 m løp bruker man typisk 10 -15 minutter og prestasjonen er i stor grad avhengig av VO₂maks, arbeidsøkonomi og i mindre grad utnyttingsgrad. Det forventes ikke at arbeidsøkonomi skal endres mye. Godkjenner litt slingringsmonn her, men begrunnelsen bør være i denne retning skal en få full pott. Om studenten for eksempel nevner at arbeidsøkonomi forbedres, så skal selvsagt dette ha utslag på prestasjonen.

- c) (3) Hvor stor økning i minuttvolumet og slagvolum forventer du at deltakerne i gjennomsnitt fikk i løpet av treningsperioden? Begrunn svaret! (4 poeng)

Sensorveiledning: Det forventes om lag samme økning i SV og MV som økning av VO₂maks, kanskje litt mindre. Begrunnelsen er at VO₂maks er produktet av maksimalt MV og arterio-venøs O₂-differanse ($VO_2\text{maks} = MV_{\text{maks}} \times a-v \text{ O}_2\text{-differanse}$). a-v O₂-differanse kan øke litt, men største delen av økningen av VO₂maks har vist seg skyldes økning av MV. MV er produktet av SV og HF. Maksimal HF øker ikke ved trening. Altså forventer vi omtrent samme økning i SV som MV.

- d) (4) Hvilke mekanismer kan ligge til grunn for økningen i minuttvolumet? (8 poeng)

Sensorveiledning: Økning av maksimalt MV skyldes økning av maksimalt SV. Slagvolumet er differansen mellom EDV og ESV. EDV øker ved trening pga økt elastisitet (compliance) i hjertet og økt tilbakestrømming av blod til hjertet i diastolen. Økt tilbakestrømming skyldes økt blodvolum og sannsynligvis bedre nervøs kontroll

av venøst blodvolum (venøst blodvolum reduseres under arbeid). Økt EDV krever en kraftigere kontraksjon for å tømme hjertet for blod. Det økte EDV gir i seg selv kraftigere kontraksjon (Frank-Starling mekanismen), men trening øker også hjertets kontraktilitet (dvs at hjertes kontraksjonskraft ved et gitt EDV øker). Den økte kontraktiliteten skyldes delvis en økt hjertemuskel-tykkelse. Disse forholdene opprettholder ESV (men EDV reduseres ikke ved trening). Trening gir også redusert afterload (blodtrykk i aorta) som gjør det lettere for hjertet å tømme kamrene for blod. Utholdenhetstrening øker også størrelsen på hjertekamrene (eksentriske tilpasninger).

- e) (5) I muskelbiopsiene ble det målt en økning av antall kapillærer rundt hver muskelfiber på 15%, mens antall kapillærer per kvadratmillimeter ikke økte. Forklar hvordan det kan henge sammen. (4 poeng)

Sensorveiledning: Dette må henge sammen med at tverrsnittet på muskelfibrene økte under treningsperioden. Dermed kan antall kapillærer rundt hver muskelfiber øke uten at antall kapillærer per kvadratmillimeter øker.

- f) (6) I en undergruppe på 10 deltakere, som alle hadde økt det maksimale oksygenopptaket, ble det gjennomført en ekstra test før og etter treningsperioden. Testen var en sykkeltest som varte i 10 minutter til utmattelse. Mot slutten av denne testen ble det tatt tre blodprøver: En fra en arterie, en fra vena cava og en fra en vene som drenerer de arbeidende musklene i beinet. Hvilke endringer forventer du vil skje med oksygeninnhold i de tre blodårene fra før til etter treningsperioden? Begrunn svaret! (6 poeng)

Sensorveiledning:

- I arterien forventes det ikke noen endring i O₂-innhold ettersom det ikke forventes at verken Hb-konsentrasjon eller metning endres etter en kort treningsperiode.
- I venene som drenerer de arbeidende musklene i beinet forventes er liten reduksjon i O₂-innholdet siden treningen sannsynligvis har økt ekstraksjonen av O₂.
- I vena cava forventes også en reduksjon i O₂-innhold som delvis skyldes reduksjonen i den arbeidende muskulaturen (viktigst siden det meste av blodet kommer derfra). Men reduksjonen skyldes også redistribusjon av MV slik at større deler går til de arbeidende musklene (blod fra ikke arbeidende muskulatur har naturlig nok høyere O₂-innhold).

Oppgave 2 (20 poeng):

Kondisjons og utholdenhetstrening kan øke blodvolumet.

- a) Beskriv blodets sammensetning og hvilke komponenter av blodet som kan øke i forbindelse med trening. (6 poeng).

Sensorveiledning: Blodet består hovedsakelig av plasma og røde blodceller og begge komponenter kan øke i samband med trening. Økning av rødt cellevolum (RCV) gir økt hemoglobinmasse. Det kan nevnes ved kondisjonstrening skjer økningen plasmavolum først før RCV øker, gjerne med 2-3 ukers forsinkelse. Økt RCV betyr også økt total hemoglobinmasse, men ikke nødvendigvis økt Hb-konsentrasjon.

- b) Endring i blodvolum og blodets sammensetning kan påvirke det maksimale oksygenopptaket på to ulike måter. Forklar mekanismene! (7 poeng)

Sensorveiledning: Det kan være lurt å ta utgangspunkt i 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 tilbakestrømming som gir økt slutt-diastolisk volum (endediastolisk volum (EDV)) og dermed økt SV. For å få 7 p bør man ha med at økt EDV gir økt strekk på hjertemuskelcellene og gjennom Frank-Starling mekanismen gir det også en kraftigere hjertekontraksjon. Som nevnt i a) gir økt blodvolum også økt hemoglobinmasse, men pga det økte PVet gir dette 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) Trine er kondisjonstrent og har et maksimalt oksygenopptak på $60 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, mens kjæresten Olav jogger 1-2 ganger per uke og har et maksimalt oksygenopptak på $48 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$. Likevel har Olav 20% høyere blodvolum og 12% høyere hemoglobinkonsentrasjon. Hva er de sannsynlige årsakene til dette. (7 poeng)

Sensorveiledning: Blodvolumet er først og fremst bestemt av fett-fri masse (FFM som igjen er mest bestemt av kroppsmasse). Dernest vil kondisjons- og utholdenhetstrening også kunne øke blodvolumet for eksempel 10%. Når Olav har 20% høyere blodvolum skyldes det altså i hovedsak at han er tyngre og framfor alt har høyere FFM. Om ikke Trine hadde vært trent kunne forskjellen vært enda større. Hemoglobinkonsentrasjonen påvirkes normalt ikke av trening og menn har normalt høyere konsentrasjon enn kvinner (slik er det bare).