

Ordinær eksamen vår 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 (30 poeng, 6 poeng på hvert av spørsmålene a – e).

Kondisjons- og utholdenhetstrening kan øke det maksimale oksygenopptak.

- a) Hvilke faktorer i Ficks ligning endrer seg normalt som følge av utholdenhets- og kondisjonstrening, og hvilke faktorer endrer seg normalt ikke?
- b) Forklar mekanismene bak eventuelle sentrale endringer som skjer som følge av utholdenhets- og kondisjonstrening.
- c) Forklar mekanismene bak eventuelle perifere endringer som skjer som følge av utholdenhets- og kondisjonstrening.
- d) En økning i maksimalt oksygenopptak på 10% gir normalt bedre prestasjon på både 3000 m løp og maraton. Det er også andre faktorer enn maksimalt oksygenopptak som kan bidra til en bedring av prestasjonen på disse to

distansene. Diskuter hvilke faktorer dette kan være, og hvordan disse faktorene kan bidra til prestasjonsforbedring på henholdsvis 3000 m og maraton!

- e) En person har økt det maksimale oksygenopptaket med 10% ved hjelp av kondisjonstrening. Før og etter treningsperioden blir vedkommende testet på ergometersykel på 250 watt noe som tilsvarer 75% av personens maksimale oksygenopptak før treningsperioden. Vedkommende får målt hjertets minuttvolum og hjerterefrekvens.
- Hvilke endringer forventer du fra før til etter treningsperioden i minuttvolumet, slagvolumet og hjerterefrekvensen ved denne intensiteten (250 watt)?
 - Forklar hvorfor du anslår denne endringen. Ta hensyn til at det kan ha skjedd både sentrale og perifere endringer på grunn av treningen.

Sensorveiledning

Sensorveiledning oppgave 1 a-e (30 poeng, 6 poeng på hvert av spørsmålene a – e).

Generelle vurderingskriterier

- Presis bruk av Ficks ligning og begreper
- Skille mellom sentrale og perifere tilpasninger
- Mekanistisk forståelse (ikke bare opplisting)
- Relevans og kobling til prestasjon
- Evne til å diskutere (ikke bare beskrive) i del d

a) Endringer i Ficks ligning (6 poeng)

Forventet svar

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

der: $CxO_2 = [Hb] \cdot 1,34 \cdot SxO_2$, x kan være a (arterie) eller v (vene).

Endringer med utholdenhetstrening

Øker:

- VO_{2maks} (dette er implisitt i spørsmålet og ingen trekk om studenten glemmer denne).
- Slagvolum (SV_{maks})
- Minuttvolum (MV_{maks}) kan nevnes
- a- vO_2 -differanse (moderat økning)

Endres lite/ikke:

- HF_{maks} (i praksis uendret)
- CaO_2 (ofte uendret – evt. liten reduksjon ved svært høy VO_{2maks} , svært godt trente)

Redukseres:

- CvO_2 (pga økt ekstraksjon)
- SvO_2
- SaO_2 (kan falle hos svært godt trente under maks arbeid)

Poengfordeling (6 p)

- Korrekt oppsett av Ficks ligning: 2 p
- Riktig identifikasjon av sentrale variabler som endres: 2 p
- Riktig identifikasjon av variabler som ikke endres / endres lite: 2 p

b) Sentrale mekanismer (6 poeng)**Forventet svar**

Hovedpoeng: Økt VO_2 maks skyldes primært økt minuttvolum via økt slagvolum.

Mekanismer**Økt slagvolum:**

- Økt EDV (preload)
 - Økt blodvolum (plasma + erytrocytter)
 - Økt venøs retur
- Økt hjertestørrelse (eksentrisk hypertrofi)
- Økt compliance (strekkebarhet)

Redusert ESV / økt ejeksjonsfraksjon:

- Økt kontraktilitet
- Redusert afterload

Andre sentrale faktorer:

- Bedre fordeling av blod (redistribusjon)
- Økt total blodmengde

Poengfordeling

- Forklaring av økt MV via SV: 2 p
- Forklaring av EDV/ESV/mekanikk: 2 p
- Underliggende mekanismer (blodvolum, kontraktilitet, struktur): 2 p

c) Perifere mekanismer (6 poeng)**Forventet svar**

Hovedpoeng: Økt $a-vO_2$ -differanse pga bedre oksygenekstraksjon.

Mekanismer

1. Økt kapillærtetthet
2. Økt intern kontroll kapillærrekruttering
3. Bedre diffusjon som følge av 1 og 2 (kortere avstand, større areal)
4. Økt mitokondrietetthet
5. Økt oksidative enzymer
6. Redusert trøtthet som følge av 4 og 5

Poengfordeling

- Kapillærer/diffusjon: 2 p

- Mitokondrier/metabolisme: 2 p
- Kobling til $a\text{-VO}_2$ -diff og O_2 -ekstraksjon: 2 p

d) Andre prestasjonsfaktorer (6 poeng)

Forventet svar

Studenten skal diskutere faktorer utover VO_2 maks som **utnyttingsgrad (%) VO_2 maks) og arbeidsøkonomi**

Bør sette opp prestasjonsformelen:

Gjennomsnittsfart

= VO_2 maks * utnyttingsgrad (%) + anaerob energibidrag / arbeidsøkonomi.

Godkjenner også andre former, bare de er korrekt.

Definisjoner og konkurranse-spesifikke effekter av treningsinduserte endringer

- **Utnyttingsgrad**
 - Definisjon: % utnytting av VO_2 maks i snitt på distansen
 - Viktig spesielt for maraton. Mindre viktig for 3000 m fordi utnyttingsgraden er svært høy i utgangspunktet.
- **Arbeidsøkonomi**
 - Definisjon: O_2 -forbruk per distanse
 - Like viktig for begge distanser
- **Anaerob kapasitet**
 - Definisjon: Maksimalt O_2 -underskudd
 - Har begrenset betydning for maraton. Større betydning for 3000 m (særlig avslutning og tempoendringer)

Poengfordeling

- Identifikasjon av relevante faktorer: 3 p
- Diskusjon av deres rolle: 2 p
- Distansespesifikk forskjell: 1 p

e) Respons ved submaksimal belastning etter trening (6 poeng)

Forventet svar

Utgangspunkt:

- 250 W = 75% av VO_2 maks før trening
- Etter trening er VO_2 maks økt → 250 W blir en lavere relativ belastning (~68–70%)

Forventede endringer

Minuttvolum (Q)

- Uendret eller svakt redusert
 - Samme absolutte arbeid → omtrent samme O_2 -behov (forutsatt lik arbeidsøkonomi)
 - Kan reduseres noe pga økt $a\text{-VO}_2$ -differanse (jf. c)

Slagvolum (SV)

- **Øker** (pga sentrale tilpasninger, se b)

Hjertefrekvens (HF)

- **Reduseres**
 - $MV = SV \times HF$
 - Når SV øker og $MV \sim$ konstant (eller svakt redusert) $\rightarrow$ HF må ned

Sensorveiledning – kommentarer

- Full uttelling krever:
 - Forståelse av absolutt vs relativ belastning
 - Korrekt kobling: økt SV $\rightarrow$ lavere HF
 - At MV ikke øker, eventuelt reduseres
- Vanlige feil:
 - Skriver at Q øker (trekk)
 - Glemmer perifere tilpasninger
 - Forklarer kun med “bedre kondisjon” uten mekanismer

Sensorveiledning oppgave 2: 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**

Oksygentrykket i luften rundt oss er cirka

- 21%
- 141,2 kPa (1059 mmHg)
- **21,3 kPa (160 mmHg)**
- 13,3 kPa (100 mmHg)

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**

Oksygenopptaket hos en hvilende voksen person er i området

- 400 – 500 mL/min
- 600 – 700 mL/min
- **200 – 300 mL/min**
- 100 – 200 mL/min

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**

Hva er 'arbeidsøkonomi'?

- Eksternt arbeid dividert på energiforbruk
- **Energiforbruk per meter**
- Oksygenopptak
- **Oksygenforbruk per meter**

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**

Det er svak til moderat sammenheng ($r < 0,60$) mellom

- **Hemoglobinmasse og hemoglobinkonsentrasjon**
- Maksimalt oksygenopptak og fettfri masse
- Maksimalt oksygenopptak og blodvolum
- Blodvolum og fettfri masse

Oppgave 3: Stimuli for muskelvekst (15 poeng)

- a) Både mekanisk drag og metabolsk stress regnes som primære stimuli for muskelvekst ved styrketrening. Beskriv kort hvor disse stimuliene fanges opp i muskelvevet og hvordan de primære stimuli gjennom aktivering av ulike signalveier påvirker hastighet på muskelproteinsyntesen de første timer og dager etter en styrketreningsøkt (6 poeng)
- b) For at muskelveksten skal fortsette over tid må kapasiteten for hele proteinsyntesemaskineriet økes. Beskriv kort hvilke komponenter vi vet påvirkes ved styrketrening over tid og hvordan tilpasninger i disse komponentene påvirker kapasiteten til å produsere nye muskelproteiner og dermed bidrar til stor muskelvekst over tid (flere uker)! (4 poeng)
- c) Det ser ut til at styrketrening med lav motstand med okklusjon 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 poeng)

Sensorveiledning oppgave 3 a-c (15 poeng, 4-6 p. på hvert av spørsmålene a – c).

.a) Mekanisk drag og metabolsk stress

Mekanisk drag «fanges opp» i strekkfølsomme reseptorer i membran (integriner), cytoskjelettet og i myofibrillstrukturene. Reagerer ulikt på passivt drag i muskelfibrene og på aktiv tensjon skapt av aktin-myosin interaksjonen under en kontraksjon. I tillegg kan enkelte ødeleggelser i strukturer og membraner som følge av et stort mekanisk drag sette i gang prosesser som følge av økt Ca^{2+} lokalt og eventuelle inflammasjonsprosesser (protstaglandiner). Metabolsk stress er mer usikkert hvor «fanges opp», men det er vist at bl.a. redusert pH, akkumulering av enkelte metabolitter og økt oksidativt stress kan aktivere signalveier som påvirker muskelproteinsyntesen og/eller produksjon av vekstfaktorer. Akkumulering av metabolitter kan også gi celledvelling som indirekte kan aktivere strekk sensitive reseptorer.

Stort sett samme signalveier som påvirkes ved mekanisk drag og ved metabolsk stress; mTOR veien og MAPK. Aktivering av mTOR fører til økt hastighet på muskelproteinsyntesen vi økt aktivering av initieringsfaktorer og elongeringsfaktorer som styrer hastigheten på translasjonsprosessen. Dette er en rask prosess som kan ses allerede de første timene etter en treningsøkt. Aktivering av MAPK kan også aktivere mTOR og i tillegg starte transkripsjonen av vekstfaktorer. Den siste prosessen er tregere siden vekstfaktorene først må lages, deretter skilles ut og virke tilbake på nærliggende muskelfibre. Dette er da en forsinket respons (andre bølge), men kan ha effekt opptil et par dager etter økten.

.b) Proteinsyntesemaskineriet

Det er først og fremst kapasiteten i ribosomene (kapasitet i translasjonsprosessen) og antall muskelcellekjerner (total transkripsjonskapasitet) som ser ut til å kunne bli begrensende om en muskelfiber skal vokse mye. De samme signalene som øker hastigheten på muskelproteinsyntesen etter en styrketreningsøkt ser også ut til å påvirke syntesen av ribosomale proteiner og ribosomalt RNA. Mengden med ribosomer ser derfor ut til å øke i takt med muskelveksten slik at translasjonskapasiteten holder tritt. Parallelt blir også satellittceller aktivert og begynner å dele seg. Noen av disse vil over tid smelte sammen med de voksende muskelfibrene og tilføre nye muskelcellekjerner slik at forholdet mellom muskelfibrenes volum og antall cellekjerne holdes relativt konstant.

.c) Styrketrening med okklusjon

Om utgangspunktet er at man har liten erfaring med styrketrening vil vi forvente en muskelvekst på 0,1-0,6% per økt om man gjennomfører et godt program som belaster hver muskelgruppe 2-3 økter per uke. Totalt kan omkrets på en gitt muskel da økes med typisk 7-14% for beinmuskler og 12-20% for overkroppsmuskler (overkroppsmuskler vokser litt raskere). NB! Meget store individuelle variasjoner så det er snitter for en gruppe som vil ligge på rundt 10% for bein og ca. 15% for overkropp. Om man er bedre styrketrent vil potensialet for videre muskelvekst være mindre. Det som ser ut til å skille de to treningsformene er at ved tradisjonell tung styrketrening vokser type II fibre mest (typisk 20-40% mot 10-20% for type I), mens ved okklusjonstrening med lette vekter ser man enten vekst i samme størrelsesorden for de to fibertypene eller i noen tilfeller større vekst i type I fibre (styrkeløftere). I tillegg kan de tenkes at muskellengde påvirkes forskjellig ved de to metodene, men dette er foreløpig lite undersøkt.

Oppgave 4 (5 poeng)

Diskuter hvilke holdepunkter vi har for at det skjer endringer i muskelfiberlengde etter styrketrening, og hvilke funksjonelle konsekvenser kan dette ha?

Sensorveiledning oppgave 4 (5 poeng)

Endringer i muskelfiberlengde er godt dokumentert i dyremodeller, der man for eksempel har sett at antall sarkomerer i serie øker når en muskel blir satt i en forlenget posisjon, og reduseres når en muskel blir satt i en forkortet posisjon.

Hos mennesker er dette vanskelig å undersøke direkte, men indirekte er det vist ved at når man trener isometrisk, øker muskelstyrken mest i den leddvinkelen man har trent i, og mindre når styrken testes i andre vinkler.

Hensikten med å regulere muskelfiberlengde er å optimalisere arbeidsforholdene til muskelen i den leddvinkelen og aktiviteten den utsettes mest for. Bakgrunnen er at ved å regulere antall sarkomerer i serie kan man oppnå optimal overlapp mellom aktin og myosin i den aktuelle leddvinkelen, slik det framgår av kraft–lengdeforholdet.

De funksjonelle konsekvensene av dette er at man kan trene for å øke muskelstyrken i spesifikke leddvinkler, og det bidrar til at muskelstyrken etter en treningsperiode øker mer enn det økningen i muskeltverrsnittet alene skulle tilsi, slik at musklene blir mer «effektive» i øvelsene de har trent på.

En økning i muskelfiberlengde kan også bidra til økt maksimal forkortningshastighet, eller høyere maksimalkraft ved raske forkortningshastigheter, spesielt i fjærformede muskler. Dette skyldes at en økning i antall sarkomerer i serie gjør at hver enkelt sarkomer forkorter seg med lavere hastighet ved en gitt ytre hastighet.

Oppgave 5 (10 poeng)

Hvilke holdepunkter har vi for at styrketrening kan påvirke prestasjon i sykling? Forklar også hva som kjennetegner styrketrening som har vist seg å gi en positiv effekt på sykkelprestasjonen og sett opp et forslag til en styrketreningsøkt for en syklist (med øvelser, motstand, antall repetisjoner og serier).

Sensorveiledning oppgave 4 (10 poeng)

Det er godt dokumentert i flere studier at tung styrketrening kan ha en positiv innvirkning på flere faktorer som bestemmer sykkelprestasjon. Det er vist forbedringer i både sykkeløkonomi, utnyttingsgrad og anaerobe egenskaper. Det er derimot ikke vist noen positiv effekt på VO_2 maks. Flere studier viser også positiv effekt på tester som måler sykkelprestasjon mer direkte, både i tempo-/time trial-tester og i tester som forsøker å etterligne fellesstart.

Det som kjennetegner styrketrening som gir effekt, er at den gjennomføres med tung motstand (4–10 RM), mens studier som bruker lettere motstand eller eksplosiv trening ikke viser samme effekt. Styrketreningen må være rettet mot muskulatur som er sentral for fremdrift i sykling, hovedsakelig strekkapparatet i beina, men muligens også muskler for hoftefleksjon. Studier som for eksempel fokuserer på kjerne- og mage/ryggmuskulatur, viser ikke samme positive effekt.

Treningsvolumet må være av en viss størrelse, i hvert fall i en startperiode på 10–12 uker (2–3 økter per uke og 4–6 serier for lår- og setemuskulatur). Studier med svært lavt treningsvolum viser typisk ingen effekt. Etter en periode på 10–12 uker kan effekten opprettholdes med et lavere treningsvolum. Treningsperioden må også ha tilstrekkelig varighet, siden studier på under 8 uker typisk ikke viser effekt. Generelle anbefalinger er

derfor å ha en periode på 10–12 uker med styrketrening for å øke styrke og muskeltverrsnitt, som deretter kan vedlikeholdes med lavere volum.

Styrketreningsøkten bør følge disse retningslinjene: Den bør inneholde øvelser for strekkapparatet i beina (for eksempel knebøy, beinpress, markløft, utfall og tåhev). Øvelsene bør ikke være for teknisk vanskelige å utføre. Typisk settes det opp 2 øvelser for kne- og hoftestrekke (f.eks. knebøy og beinpress), én øvelse for ankelstrekke og én øvelse for hoftefleksjon, men det må brukes faglig skjønn i vurderingen her. Det anbefales 2–3 serier per øvelse med en belastning på 4–12 RM.

Sensorveiledning oppgave 6: 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

Hvilke av følgende påstander er riktige om mulige effekter av styrketrening på faktorer som er viktig for utholdenhetsprestasjon

- **Både tung styrketrening og plyometrisk trening kan bedre løpsøkonomien**
- Plyometrisk trening, men ikke tung styrketrening, kan bedre løpsøkonomien
- Tung styrketrening (1-6RM) øker VO₂maks
- Løpsøkonomien ser ikke ut til å bli påvirket av styrketrening

Følgende fysiologiske tilpasninger etter styrketrening kan føre til at maksimalstyrken i en isometrisk kontraksjon øker:

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

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

Hva er riktig om muskelvekst?

- Overkroppsmuskler og underkroppsmuskler viser normalt lik relativ økning i muskeltverrsnitt ved styrketrening.
- **Overkroppsmuskler viser normalt noe større relativ økning i muskeltverrsnitt ved styrketrening enn underkroppsmuskler.**
- Underkroppsmuskler viser normalt noe større relativ økning i muskeltverrsnitt ved styrketrening enn og overkroppsmuskler.
- Quadriceps-muskulaturen viser normalt større tverrsnittsøkning en biceps brachii.