

# ANVENDELSESMULIGHEDER FOR HØJDERUM HOS TEAM DANMARK



- 1) Identifikation af en atlets højde-sensitivitet
- 2) Tilvænning til højde inden afrejse til en høj lokalitet og bidrag til total højde-eksponering
- 3) Konkurrence-simulation.
- 4) Ønske om at øge blodets hæmoglobin-masse uden at man forlader Danmark.
- 5) Forlængelse af stress-respons og Timing med konkurrence klima.
- 6) Øge trænings-stress.

LÆS MERE OM HVERT PUNKT PÅ DE FØLGENDE SIDER

## RETNINGSLINJER FOR BRUG AF HØJDERUM

Team Danmark har etableret højdefaciliteter i Idrættens Hus, via donation fra Novo Nordisk fonden.

Det består af 6 dobbeltværelser samt et tilhørende opholdsrum/stue med højde op til 3500 m.

Faciliteten kan bruges i det daglige arbejde med atleter og til forskning. Evt. træning udføres i opholdsrum, der også tjener som socialt rum, når flere atleter anvender højdefaciliteterne.

I arbejdet med atleter kan faciliteten anvendes i forbindelse med:

### **1) Identifikation af en atlets højde-sensitivitet for en given højde (såkaldt hypoxisk sensitivitet).**

Der er stor variation blandt atleter i hvor meget/lidt eksempelvis 2000 m påvirker kroppen fysiologisk.

Derfor anses individuel afprøvning relevant for at beslutte, hvilken plan (se bl.a. punkt 2 og 3 i det følgende) man vil anvende med det overordnede formål, at højden skal yde mindst mulig negativ indvirken på trænings- og præstationsevnen til et forestående ophold i højden. Det gøres ved at måle graden af ilt desaturation i blodet i hvile og under arbejde.

## RETNINGSLINJER FOR BRUG AF HØJDERUM HOS TEAM DANMARK

### **2) Tilvænning til højde inden afrejse til høj lokalitet (såkaldt højde akklimatisering) og bidrag til total højde-eksponering**

Det er særligt relevant, hvis man som atlet ikke kan ankomme på høj lokalitet i tilpas tid (~1 uge før) til at opnå naturlig højde akklimatisering ved forestående konkurrence, og hvis man påvirkes meget af en given højde (se punkt 1).

I tillæg kan højde-eksponering hjemmefra gøre, at overgang til "klassisk" højdetræning bliver nemmere ift. at mindske gener som hovedpine. Årsagen hertil er, at der allerede indenfor få døgn sker nyttige tilpasninger, der bevirker mindre ubehag samt en bedre præstationsevne i træning og/eller konkurrence knyttet til bl.a. væskeregulering og en øget vejrtrækning og blod hæmatokrit.

Ophold i højderum hjemmefra kan således også medvirke til en øget samlet højde-eksponering i kombination med en efterfølgende "naturlig" højdetræningslejr, der forventeligt vil øge sandsynlighed for en stigning i blodets hæmoglobin-masse.

### **3) Konkurrence-simulation**

For at tilpasse taktik og pacing til en forestående konkurrence kan det være relevant at afprøve, hvor meget/lidt "ramt" man bliver fysiologisk af en given højde, og det ideelt efter minimum 5-7 dage med forudgående akklimatisering (se punkt 1+2).

## RETNINGSLINJER FOR BRUG AF HØJDERUM HOS TEAM DANMARK

### **4) Ønske om at øge blodets hæmoglobin-masse uden at man forlader Danmark fysisk**

Det sker i praksis ved man bruger flest mulige af døgnets 24 timers i hotelrum og opholdsrum, samtidig med man kan passe den daglige træning og evt. uddannelse og job.

Der skal anvendes en minimums dosis for at sandsynliggøre en mulig "relevant" stigning i hæmoglobin-massen.

#### **Dette i form af:**

- total varighed >3 uger
- daglig højde stress > 10 timer (ikke over 3500 m).
- total "dosis" > 700 "kilometer timer", hvilket eks. svarer til 12 timer dagligt ved 2200 m i 4 uger.
- forudgående jern-status profil via blodprøve så jern ikke er mangelvare.
- som grundskitse startes ved 2000 m og gradvis øges højde med 200-400 m/uge, men ikke over 3500 m. Måling af ilt saturation bruges løbende til at guide anvendt højde, med mål om at opnå hvilesaturation <95%.

Man overstiger ikke 3000 m som grundregel, da særligt søvn og generel restitution ofte påvirkes negativt med for høj højde. Er saturation højere end ønsket kan højder op til 3500 m overvejes/anvendes.

Løbende justering af højde træffes med afsæt i generelt træningsstress således, at man med fordel kan sænke højden på hårde træningsdage eller ved nedsat friskhed over flere dage.

Tilsvarende kan man efter 1 uge vælge at øge højden i den høje ende (eks. 400 vs 200 m ekstra), hvis beskedent træningsstress og høj friskhed. Ophør af ophold kan også komme på tale især ved sygdom.

## RETNINGSLINJER FOR BRUG AF HØJDERUM HOS TEAM DANMARK

### **5) Forlængelse af stress-respons og timing med konkurrence klima**

Dette gælder særligt, hvis man har været afsted på klassisk "naturlig" højdetræning (typisk ~4 uger ved ~2000 m) og her har opnået en stigning i blodets hæmoglobin-masse, der øger kroppens maksimale ilt leverance. En evt. stigning i hæmoglobin-masse forsvinder efter ~2 uger tilbage ved hav niveau, men af praktiske (eks. trænings-lokaliteter og specificitet) og økonomiske hensyn kan det være relevant at være hjemme i Danmark mellem en "naturlig" højdeperiode og en vigtig konkurrence som eksempelvis et EM eller VM. Højderum kan således anvendes til at modvirke tab af effekt på blodet opnået i "naturlig" højde. Længerevarende perioder med varmetræning (typisk ~5 uger med 5 ugentlige varme sessioner) har også vist at kunne øge blodets hæmoglobin-masse på lige fod med højde, inklusiv en henfaldsperiode på ~2 uger. Således vil højde-stress efter en varmeperiode eller vice-versa, teoretisk kunne bruges til at stimulere til opretholdt hæmoglobin-masse. I praksis bør den valgte rækkefølge være dikteret af det miljø man skal konkurrere i (dvs skal man præstere højt er det vigtigt man opretholder højdestress tæt på afrejse, mens varmestimuli skal opretholdes, hvis man skal præstere varmt).

Der laves en samlet plan, der tager alle ovennævnte forbehold med.

### **6) At øge trænings-stress**

For den samme absolutte belastning (eks. 200 W på kondicykel) vil simuleret højde kort beskrevet øge dels det muskulære metabolske stress og dels det kredsløbsmæssige stress.

I situationer med småskader, hvor man som atlet er mekanisk begrænset, kan træning med tynd luft således bruges til at mindske de forventelige effekter af såkaldt "detræning". I tillæg synes særligt gentaget sprint-træning i tynd luft også at kunne medføre bedre tilpasninger til træning end samme sprint-intervaller udført ved hav niveau.

## RETNINGSLINJER FOR BRUG AF HØJDERUM HOS TEAM DANMARK

### **Forudsætninger for at bruge faciliteten**

#### **Som atlet:**

→ Der foreligger en klar aftale med en fagekspert (fysiolog) om hvad rummet skal anvendes til jævnfør de 6 beskrevne områder i det forrige. Dette skal i tillæg være afstemt med forbund (træner og/eller sportschef).

→ Man skal være sund og rask for at anvende rummene. Ophold i tynd luft kan give ubehag, typisk i form af hovedpine og kan også sænke appetit og søvnkvalitet. Dette er ofte et forbigående fænomen, der er mest markant ved akut eksponering og i starten af et længere ophold (uge 1).

→ Der afviges ikke fra plan med mindre det aftales løbende.

→ Man forholder sig til ubehag/gener og kommunikerer dette til fagekspert. Ophør af rumbrug er altid en mulighed, særligt hvis sygdom da højde er et stress for kroppen.

#### **Som forsker:**

→ Der foreligger en gyldig etisk godkendelse af forsøgsprotokol ift. anvendt højde og andre interventioner.

## RETNINGSLINJER FOR BRUG AF HØJDERUM HOS TEAM DANMARK

### **Baggrund & Sikkerhed:**

→ Den tynde luft opnås kort beskrevet ved, at rumluft (der består af nitrogen, ilt og kuldioxid) suges ud og trækkes gennem membraner (såkaldt membran-separation), der fjerner ilt til et niveau svarende til 5700 m (10% ilt, mod knap 21% ved havniveau), der så tilføres rummene med en volumen så den ønskede højde i rummet opnås (eksempelvis 2500 m) ud fra et opblandingsprincip, der løbende justeres. Det tager ca. 2.5 og 3.5 time at opnå hhv. 2500 og 3500 m i hotelrummene.

→ Rummene er installeret med 2 målere af iltkoncentration som sikrer at, hvis den ene sætter ud er der stadig en virksom måler, der kan aktivere rumalarm, hvis iltkoncentration er lavere end den programmerede højde.

Som ekstra sikkerhed udstyres brugere med en separat iltkoncentrationsmåler med indbygget alarm også.

→ Producent af rummene (Sporting Edge, UK) har lang erfaring med anvendte installationer og sikkerhed bag.

→ Udskiftning af luft i rum er dimensioneret til, at kuldioxid koncentrationer holdes under 2000 ppm i hvile.

## RETNINGSLINJER FOR BRUG AF HØJDERUM HOS TEAM DANMARK

**Litteratur**

Chapman RF, Karlsen T, Resaland GK, Ge RL, Harber MP, Witkowski S, Stray-Gundersen J, Levine BD.

Defining the "dose" of altitude training: how high to live for optimal sea level performance enhancement.

J Appl Physiol (1985). 2014 Mar 15;116(6):595-603. doi: 10.1152/jappphysiol.00634.2013. Epub 2013 Oct 24.

Clark SA, Bourdon PC, Schmidt W, Singh B, Cable G, Onus KJ, Woolford SM, Stanef T, Gore CJ, Aughey RJ.

The effect of acute simulated moderate altitude on power, performance and pacing strategies in well-trained cyclists.

Eur J Appl Physiol. 2007 Dec;102(1):45-55. doi: 10.1007/s00421-007-0554-0. Epub 2007 Sep 20.

Cubel C, Klaris MB, Larsen JV, Faiss R, Nybo L, Lundby C.

Haematological adaptations to high-altitude and heat acclimation training in elite male cyclists.

Exp Physiol. 2026 Mar;111(3):820-833. doi: 10.1113/EP092968. Epub 2025 Sep 10.

Cubel C, Fischer M, Stampe D, Klaris MB, Bruun TR, Lundby C, Nordsborg NB, Nybo L.

Time-course for onset and decay of physiological adaptations in endurance trained athletes undertaking prolonged heat acclimation training.

Temperature (Austin). 2024 Aug 1;11(4):350-362. doi: 10.1080/23328940.2024.2383505. eCollection 2024.

Faiss R, Raberin A, Brocherie F, Millet GP.

Repeated-sprint training in hypoxia: A review with 10 years of perspective.

J Sports Sci. 2025 Oct;43(19):2164-2178. doi: 10.1080/02640414.2024.2416821. Epub 2024 Oct 24

Garvican-Lewis LA, Sharpe K, Gore CJ.

Time for a new metric for hypoxic dose?

J Appl Physiol (1985). 2016 Jul 1;121(1):352-5. doi: 10.1152/jappphysiol.00579.2015. Epub 2016 Feb 25.

Gatterer H, Roche J, Turner R, Vinetti G, Roveri G, Schlittler M, Kob M, Walzl A, Dal Cappello T, Debevec T, Siebenmann C.

Changes in body mass, appetite-related hormones, and appetite sensation in women during 4 days of hypobaric hypoxic exposure equivalent to 3,500-m altitude.

J Appl Physiol 2023 Jan 1;134(1):133-141. doi: 10.1152/jappphysiol.00369.2022. Epub 2022 Dec 8.

Ge RL, Witkowski S, Zhang Y, Alfrey C, Sivieri M, Karlsen T, Resaland GK, Harber M, Stray-Gundersen J, Levine BD.

Determinants of erythropoietin release in response to short-term hypobaric hypoxia.

J Appl Physiol (1985). 2002 Jun;92(6):2361-7. doi: 10.1152/jappphysiol.00684.2001.

Matu J, Gonzalez JT, Ispoglou T, Duckworth L, Deighton K.

The effects of hypoxia on hunger perceptions, appetite-related hormone concentrations and energy intake: A systematic review and meta-analysis.

Appetite. 2018 Jun 1;125:98-108. doi: 10.1016/j.appet.2018.01.015. Epub 2018 Jan 31

Peltonen JE, Leppävuori A, Lehtonen E, Mikkonen RS, Kettunen O, Nummela A, Ohtonen O, Gagnon DD, Wehrlin JP, Wilber RL, Linnamo V.

Combined intermittent hypoxic exposure at rest and continuous hypoxic training can maintain elevated hemoglobin mass after a hypoxic camp.

J Appl Physiol (1985). 2024 Aug 1;137(2):409-420. doi: 10.1152/jappphysiol.00017.2024. Epub 2024 Jul 4.

Rønnestad BR, Odden I, Urianstad T, Hansen J, Mølmen KS, Cardinale DA. Heat Suit Training Preserves the Increased Hemoglobin Mass after Altitude Camp in Elite Cyclists.

Med Sci Sports Exerc. 2025 Jan 1;57(1):81-87. doi: 10.1249/MSS.0000000000003542. Epub 2024 Aug 20

Schuler B, Thomsen JJ, Gassmann M, Lundby C.

Timing the arrival at 2340 m altitude for aerobic performance.

Scand J Med Sci Sports. 2007 Oct;17(5):588-94. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00611.x. Epub 2007 Feb 19.

Siebenmann C, Cathomen A, Hug M, Keiser S, Lundby AK, Hilty MP, Goetze JP, Rasmussen P, Lundby C.

Hemoglobin mass and intravascular volume kinetics during and after exposure to 3,454-m altitude.

J Appl Physiol (1985). 2015 Nov 15;119(10):1194-201. doi: 10.1152/jappphysiol.01121.2014. Epub 2015 Mar 6.

Townsend NE, Gore CJ, Hahn AG, Aughey RJ, Clark SA, Kinsman TA, McKenna MJ, Hawley JA, Chow CM.

Hypoxic ventilatory response is correlated with increased submaximal exercise ventilation after live high, train low.

Eur J Appl Physiol. 2005 May;94(1-2):207-15. doi: 10.1007/s00421-004-1252-9. Epub 2004 Dec 18.

Townsend NE, Gore CJ, Ebert TR, Martin DT, Hahn AG, Chow CM.

Ventilatory acclimatisation is beneficial for high-intensity exercise at altitude in elite cyclists.

Eur J Sport Sci. 2016 Nov;16(8):895-902. doi: 10.1080/17461391.2016.1139190. Epub 2016 Feb 19