

Facilitetsbeskrivelse: Respirationskamre til måling af energiomsætning på mennesker

Institut for Idræt og Ernæring (NEXS) råder over to respirationskamre til måling af menneskers energiomsætning.

Måleprincip

Princippet er såkaldt indirekte kalorimetri, hvor man ud fra måling af iltforbrug og kuldioxidproduktion, kan beregne den totale energiomsætning (forbrænding = varmeproduktion) i kJ/døgn. Ved at opsamle urin kvantitativt og analysere denne for Nitrogen (Kvælstof) kan beregnes forbrændingen af protein, fedt og kulhydrat. Når kosten under opholdet kontrolleres kendes indtaget af energi (kJ/døgn), samt indtaget af protein, fedt og kulhydrat, og der kan derfor beregnes 24-timers balancer for energi og de enkelte næringsstoffer. Ved indtagelse af specifikke bioaktive fødevarer, kosttilskud eller lægemidler kan effekten på de enkelte delkomponenter af omsætningen måles, og der kan indhentes centrale informationer om de indtagne stoffers virkningsmekanisme, og potentiale for vægtkontrol og diabetes risiko.

Kamrene har et areal hver på 7,5 m² og er indrettet som små komfortable hotelværelser, så vores forsøgspersoner eller patienter kan opholde sig derinde i 24 timer eller mere. Kamrene er udstyret med skrivebord, kontorstol, lænestol, seng, radio/TV, ergometercykel, spejl, toilet samt håndvask. Forsøgspersonen bliver overvåget døgnet rundt af en vagt, der kan tilkaldes via et samtaleanlæg. Kamrene er helt lufttætte, men luften bliver løbende udskiftet med frisk luft oppe fra taget af bygningen. Under forsøget må dørene ikke åbnes, og kamrene er derfor udstyret med lufttætte sluser, så måltiderne kan serveres ind til personen inde i kammeret uden der slipper luft ud eller ind. Tilsvarende kan toilettet tømmes udefra. Det er endvidere muligt at tage blodprøver fra deltageren via et særligt lufttæt slusesystem. Kamrene er udstyret med sensorer, der registrerer personens spontane fysiske aktivitet og forsøgspersonen har en sensor på den ene finger, der registrerer hjertefrekvens (se foto af kamrene)

Standard forsøgsprotokol

Temperaturen kan reguleres meget nøjagtigt og holdes normalt på 24 grader om dagen og 20 grader om natten. For at virkningen af forskellige testomstændigheder (fx medicin versus placebo) kan sammenlignes, så er det vigtigt at deltagerne i hvert eksperiment følger et bestemt døgnprogram, som deltageren skal følge nøje. Normalt måles der i kamrene fra kl. 9.00 om morgenen den ene dag til kl. 9 om morgenen næste dag. Der serveres typisk 3 måltider i løbet af dagen og der er indlagt 2 lette cykelture, ligesom der er sengetid kl. 23 og forsøgspersonen vækkes næste morgen kl. 7 af vagten. Det eksakte tidsskema kan naturligvis justeres alt efter formålet med det videnskabelige eksperiment. Ud over den fysiske aktivitet der er indlagt i døgnprogrammet, må forsøgspersonerne normalt kun have stillesiddende beskæftigelse, læse, skrive, høre radio eller se TV, sy, strikke m.v. Ligeledes må forsøgspersonerne ikke falde i søvn på uautoriserede tidspunkter (se eksempel på et døgnprogram i **bilag 1**)

Registrering af måleresultater

Ved løbende at måle på iltforbrug og CO₂-produktion kan forbrændingen måles fra minut til minut, men typisk opgøres forbrændingen i større tidsintervaller. Måleresultater genereres typisk ved standard excel-fil udtræk, med resultater på energiforbrug og respiratorisk kvotient for udvalgte måleperioder over døgnet (se eksempel på dataudtræk i **bilag 2**). Brugen af kamre og indirekte kalorimetri har resulteret i en lang række videnskabelige publikationer udgået fra NEXS henover årene (se oversigt over publikationer i **bilag 3**)

Instituttet har haft respirationskamre siden 1988 og per dags dato (forår 2018) har cirka ca. 1100 personer opholdt sig i kamrene i 24 timer eller mere. De nuværende 2 kamre er bygget 2013-2016 og har kostet 3,2 millioner kroner.

Pris ved kørsel af projekter

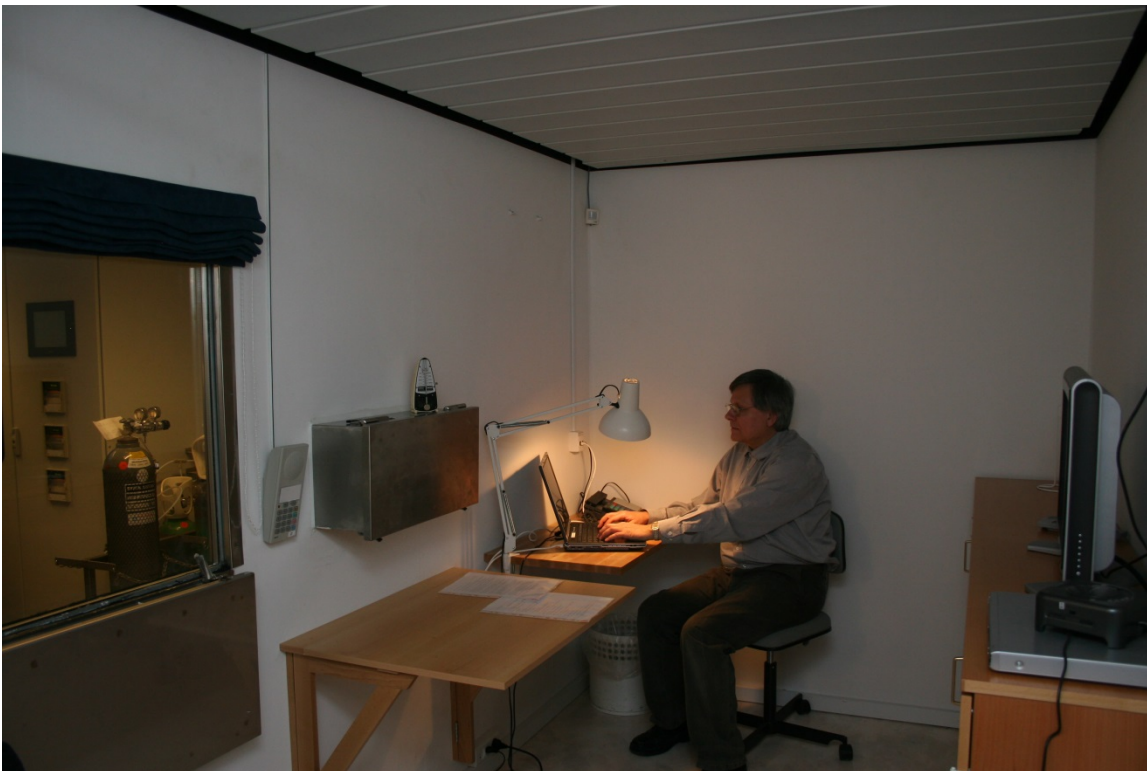
Projekter skal betale 5000 kr. pr. forsøgsgang, således for en typisk døgnmåling af 2 personer som måles samtidigt. Dette er eksklusiv nattevagt, som koster ca. 2500 kr. pr. vagt. Dertil kommer omkostninger til måltider, udtagning af blodprøver osv.

Kontakt-informationer ved ønsker om at høre mere om faciliteten

Sektionsleder, Lektor Thomas Meinert Larsen, tml@nexs.ku.dk

Laboratorietekniker John Lind, jol@nexs.ku.dk

Foto af kammer-opstilling



Bilag 1: Eksempel på Døgnprogram for respirationskammerforsøg.

Dagen før forsøg:

22:00 Forsøgsperson møder for at overnatte i kammeret. (døren skal være åben).

23:00 Sengetid, man må dog læse til kl. 24:00. Temperaturen sænkes til 20°C.

Første dag:

7:30 Temperaturen øges til 24°C.

7:45 Forsøgsperson vækkes. Morgentoilette.

8:00 Forsøgsperson vejes og elektroder til måling af puls påsættes.

8:30 Kammeret lukkes.

9:00 Målingerne starter.
Tømning af blære. Urin bortkastes.
Servering af morgenmad med coffeinfri kaffe/the.

10:00 15 min. cykling (75 watt efter metronom).

11:30 Gang (25 gange frem og 25 gange tilbage over kammerets længde).

13:00 Servering af frokost med coffeinfri kaffe/the.

14:30 Gang (25 gange frem og 25 gange tilbage over kammerets længde).

15:00 Servering af coffeinfri kaffe/the.

16:00 15 min. cykling (75 watt efter metronom).

19:00 Servering af aftensmad. (uden kaffe/the).

20:00 Servering af coffeinfri kaffe/the.

23:00 Sengetid.
Tømning af blære og aftentoilette.
Forsøgsperson må læse til kl. 24:00.
Temperaturen sænkes til 20°C.

Næste dag:

- 7:30 Fp. vækkes, tømmer blæren hvis nødvendigt og lægger sig i sengen igen.
Må læse til kl. 8:00.
- 8:00 Måling af basalstofskifte (BMR).
Fp. skal forblive afslappet men vågen. Man må høre radio men ikke læse eller se TV.
Gardinerne skal være trukket fra og lyset i kammeret skal være tændt.
Fp. må ikke begynde at stå op, før vagten giver besked.
- 9:00 Målingerne slutter.
Tømning af blære på kammertoilet, urinen opsamles.
Elektroderne til pulsmåling fjernes.
Morgentoilette.
Forsøgspersonen må forlade kammeret.

Bilag 2: Eksempel på resultat-udtræk fra respirationskammerforsøg

B123				Respirationskammerforsøg					Hoveddata		17.06.2013			JOL		
Fp. nr.	Periode	Kammer	Gruppe	RQ_24h n-p.	RQ_DEE n-p.	RQ_NEE n-p.	RQ_SEE n-p.	RQ_BMR n-p.	EE_24h kJ/min.	EE_DEE kJ/min.	EE_NEE kJ/min.	EE_SEE kJ/min.	EE_BMR kJ/min.	OXCj_24h kJ/min.	OXCj_DEE kJ/min.	OXCj_NEE kJ/min.
				9.30-9.30	9.30-23.00	23.00-8.00	1.00-6.00	8.00-9.00	9.30-9.30	9.30-23.00	23.00-8.00	1.00-6.00	8.00-9.00	9.30-9.30	9.30-23.00	23.00-8.00
1	1	A	C	0,910	0,909	0,909	0,904	0,948	7,64	8,70	6,19	5,68	6,69	3,75	4,47	2,70
2	1	B	A	0,836	0,829	0,853	0,852	0,873	7,35	8,47	5,61	4,95	6,39	2,30	2,67	1,72
3	1	A	A	0,909	0,895	0,947	0,943	0,929	7,60	8,96	5,68	5,33	6,08	4,07	4,69	3,21
4	1	B	B	0,807	0,805	0,812	0,806	0,842	8,72	10,01	6,86	6,18	7,64	2,32	2,73	1,75
5	1	B	B	0,879	0,871	0,909	0,889	0,855	7,49	8,59	5,90	5,50	6,56	3,35	3,82	2,80
6	1	B	A	0,867	0,872	0,854	0,848	0,950	7,79	9,15	5,92	5,64	6,14	3,51	4,40	2,25
7	1	A	C	0,802	0,807	0,799	0,780	0,808	9,40	10,55	7,70	6,81	7,52	2,52	3,06	1,88
8	1	B	B	0,821	0,818	0,830	0,838	0,827	8,09	9,61	5,92	5,46	5,85	2,65	3,15	1,91
9	1	A	B	0,844	0,844	0,841	0,823	0,891	7,81	8,97	6,09	5,53	7,21	2,88	3,44	2,01
11	1	A	B	0,789	0,790	0,777	0,759	0,801	6,41	7,23	5,18	4,84	6,04	1,31	1,57	0,81
14	1	A	B	0,864	0,857	0,874	0,862	0,883	7,31	8,54	5,64	5,30	6,12	3,03	3,55	2,25
15	1	B	C	0,852	0,850	0,852	0,872	0,896	5,99	6,86	4,77	4,38	4,60	2,44	2,84	1,82
16	1	B	C	0,875	0,867	0,885	0,859	0,942	7,13	8,01	6,00	5,71	5,93	3,22	3,56	2,72
18	1	A	B	0,871	0,886	0,844	0,831	0,873	6,64	7,53	5,49	5,08	5,75	2,92	3,73	1,88
19	1	A	A	0,845	0,830	0,843	0,837	0,856	6,62	7,51	6,43	6,37	5,68	2,51	2,62	2,39
20	1	B	C	0,856	0,849	0,856	0,853	0,856	6,91	7,78	6,83	6,74	6,54	2,76	3,06	2,72
22	1	A	A	0,832	0,837	0,817	0,800	0,864	7,30	8,15	6,24	5,82	6,14	2,54	3,03	1,82
24	1	B	B	0,818	0,816	0,825	0,823	0,762	6,97	7,63	6,06	5,63	6,38	2,12	2,34	1,88
25	1	A	C	0,854	0,857	0,860	0,831	0,791	8,41	9,34	7,04	6,79	7,38	3,43	3,98	2,82

Bilag 3: Udvalgte videnskabelige reference med brug af 24-timers indirekte kalorimetri og/eller indirekte kalorimetri med ventilated hood.

Brøns C, Lilleøre SK, Astrup A, Vaag A. Disproportionately increased 24-h energy expenditure and fat oxidation in young men with low birth weight during a high-fat overfeeding challenge. *Eur J Nutr* 2016;55:2045-2052

Schmidt JB, Pedersen SD, Gregersen NT, Vestergaard L, Nielsen MS, Ritz C, Madsbad S, Worm D, Hansen DL, Clausen TR, Rehfeld JF, Astrup A, Holst JJ, Sjödin A. Effects of RYGB on energy expenditure, appetite and glycemic control: a randomized controlled clinical trial. *Int J Obes* 2016;40:281-290

Bendtsen LQ, Lorenzen JK, Gomes S, Liaset B, Holst JJ, Ritz C, Reitelseder S, Sjödin A, Astrup A. Effects of hydrolysed casein, intact casein and intact whey protein on energy expenditure and appetite regulation: a randomised, controlled, cross-over study. *Br J Nutr* 2014;112:1412-1422

Sørensen LB, Vasilaras TH, Astrup A, Raben A. Sucrose compared with artificial sweeteners: a clinical intervention study of effects on energy intake, appetite, and energy expenditure after 10 wk of supplementation in overweight subjects. *Am J Clin Nutr* 2014;100:36-45

Brøns C, Lilleøre SK, Jensen CB, Toubro S, Vaag A, Astrup A. Increased nocturnal fat oxidation in young healthy men with low birth weight: Results from 24-h whole-body respiratory chamber measurements. *Metabolism* 2013;62:709-716

Klingenberg L, Sjödin A, Holmbäck U, Astrup A, Chaput JP. Short sleep duration and its association with energy metabolism. *Obes Rev.* 2012 Jul;13(7):565-77.

Sjödin A, Gasteyger C, Nielsen AL, Raben A, Mikkelsen JD, Jensen JK, Meier D, Astrup A. The effect of the triple monoamine reuptake inhibitor tesofensine on energy metabolism and appetite in overweight and moderately obese men. *Int J Obes (Lond).* 2010 Nov;34(11):1634-43.

Gregersen NT, Bitz C, Krog-Mikkelsen I, Hels O, Kovacs EM, Rycroft JA, Frandsen E, Mela DJ, Astrup A. Effect of moderate intakes of different tea catechins and caffeine on acute measures of energy metabolism under sedentary conditions. *Br J Nutr.* 2009 Oct;102(8):1187-94.

Rasmussen LG, Larsen TM, Mortensen PK, Due A, Astrup A. Effect on 24-hour energy expenditure of a moderate-fat diet, high in monounsaturated fatty acids, versus a low-fat, carbohydrate-rich diet: a 6-mo controlled dietary intervention study. *Am J Clin Nutr* 2007;85:1014-22

Jacobsen R, Lundsgaard C, Lorenzen J, Toubro S, Perrild H, Krog-Mikkelsen I, Astrup A. Subnormal energy expenditure: a putative causal factor in the weight gain induced by treatment of hyperthyroidism. *Diabetes, Obesity and Metabolism* 2006;8:220-7

Jacobsen R, Lorenzen JK, Toubro S, Krog-Mikkelsen I, Astrup A. Effect of short-term high dietary calcium intake on 24-h energy expenditure, fat oxidation, and fecal fat excretion. *Int J Obes* 2005;29:292-301

Bitz C, Toubro S, Larsen TM, Harder H, Rennie KL, Jebb SA, Astrup A. Increased 24-hour energy expenditure in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:2416-21

Harder H, Nielsen L, Thi DTT, Astrup A. The effect of liraglutide, a long-acting Glucagon-like peptide 1 derivative, on glycemic control, body composition, and 24-h energy expenditure in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:1915-21

Mersebach H, Svendsen OL, Astrup A, Feldt-Rasmussen U. Abnormal sympathoadrenal activity, but normal energy expenditure in hypopituitarism. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88:5689-95

Larsen TM, Toubro S, van Baak MA, Gottesdiener KM, Larson P, Saris WHM, Astrup A. Effect of 28-d treatment with L-796568, a novel β 3-adrenergic receptor agonist, on energy expenditure and body composition in obese men. *Am J Clin Nutr* 2002;76:780-8

Vasilaras TH, Raben A, Astrup A. Twenty-four hour energy expenditure and substrate oxidation before and after 6 months ad libitum intake of a diet rich in simple or complex carbohydrates or a habitual diet. *Int J Obes* 2001;25:954-65

Buemann B, Toubro S, Astrup A. Effects of the two β 3-agonists, ZD7114 and ZD2079 on 24 hour energy expenditure and respiratory quotient in obese subjects. *Int J Obes* 2000;24:1553-60

Mikkelsen PB, Toubro S, Astrup A. The effect of fat-reduced diets on 24-h energy expenditure: comparisons between animal protein, vegetable protein, and carbohydrate. *Am J Clin Nutr* 2000;72:1135-41

Hansen DL, Toubro S, Stock MJ, Macdonald IA, Astrup A. The effect of sibutramine on energy expenditure and appetite during chronic treatment without dietary restriction. *Int J Obes* 1999;23:1016-24

Astrup A, Toubro S, Dalgaard LT, Urhammer SA, Sørensen TIA, Pedersen O. Impact of the v/v 55 polymorphism of the uncoupling protein 2 gene on 24-hour energy expenditure. *Int J Obes* 1999;23:1030-4

Kistorp CN, Toubro S, Astrup A, Svendsen OL. Comparison of resting energy expenditure measurements by ventilated canopy and by respiration chamber. *Clin Physiol* 1999;19:344-7

Hansen DL, Toubro S, Stock MJ, Macdonald IA, Astrup A. Thermogenic effects of sibutramine in humans. *Am J Clin Nutr* 1998;68:1180-6

Buemann B, Toubro S, Astrup A. D-tagatose, a stereoisomer of D-fructose increases hydrogen production in humans without affecting 24-h energy expenditure or respiratory exchange ratio. *J Nutr* 1998;128:1481-6

Toubro S, Sørensen TI, Hindsberger C, Christensen NJ, Astrup A. Twenty-four-hour respiratory quotient: the role of diet and familial resemblance. *J Clin Endocrinol Metab* 1998;83:2758-64

Raben A, Macdonald I, Astrup A. Replacement of dietary fat by sucrose or starch: Effects on 14 days' ad libitum energy intake, energy expenditure and body weight in formerly obese and neverobese subjects. *Int J Obes* 1997;21:846-59

Skov AR, Toubro S, Buemann B, Astrup A. Normal levels of energy expenditure in patients with reported "low metabolism". *Clin Physiol* 1997;17:279-85

- Klausen B, Toubro S, Astrup A. Age and sex effects on energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 1997;65:895-907
- Toubro S, Sørensen TIA, Rønn B, Christensen NJ, Astrup A. Twenty-four-hour energy expenditure: The role of body composition, thyroid status, sympathetic activity and family membership. *J Clin Endocrinol Metab* 1996;81:2670-4
- Toubro S, Christensen NJ, Astrup A. Reproducibility of 24-h energy expenditure, substrate utilization and spontaneous physical activity in obesity measured in a respiration chamber. *Int J Obes* 1995;19:544-9
- Buemann B, Astrup A, Quaade F, Madsen J. 24-Hour energy expenditure and substrate oxidation rates are unaffected by body fat distribution in obese women. *Metabolism* 1994;43:109-13
- Bosselaers I, Buemann B, Victor OJ, Astrup A. Twenty-four-hour energy expenditure and substrate utilization in body builders. *Am J Clin Nutr* 1994;59:10-2
- Buemann B, Astrup A, Christensen NJ, Madsen J. Effect of moderate cold exposure on 24-hour energy expenditure. Similar response in post-obese and non-obese women. *Am J Physiol* 1992;263:E1040-5
- Buemann B, Astrup A, Christensen NJ. Three months aerobic training fails to affect 24-hour energy expenditure in weight stable post-obese women. *Int J Obes* 1992;16:809-16
- Buemann B, Astrup A, Madsen J, Christensen NJ. A 24-hour energy expenditure study on reduced-obese and non-obese women. The effect of beta-blockade. *Am J Clin Nutr* 1992;56:662-70
- Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, Toubro S, Thorbek G, Victor OJ, Quaade F. The effect of ephedrine/caffeine mixture on energy expenditure and body composition in obese women. *Metabolism* 1992;41:686-8
- Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, Madsen J. 24-h energy expenditure and sympathetic activity in postobese women consuming a high-carbohydrate diet. *Am J Physiol* 1992;262:E282-8
- Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, Madsen J, Gluud C, Bennet P, Svenstrup B. The contribution of body composition, substrates, and hormones to the variability in energy expenditure and substrate utilization in premenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 1992;74:279-86
- Breum L, Astrup A, Andersen T, Quaade F, Lammert O, Nielsen E. The effect of long-term dexfenfluramine treatment on 24-hour energy expenditure in man. A double-blind placebo controlled study. *Int J Obes* 1990;14:613-21
- Astrup A, Thorbek G, Lind J, Isaksson B. Prediction of 24 hours energy expenditure and its components from physical characteristics and body composition in normal weight subjects. *Am J Clin Nutr* 1990;52:777-83