

<https://helda.helsinki.fi>

Termien odds ja odds ratio tulkinnasta : "veren alhainen immunoglobuliini G-pitoisuus kaksinkertaistaa vasikoiden keuhkokuumepaineen"

Rita, Hannu

2013

Rita , H & Virtala , A-M 2013 , ' Termien odds ja odds ratio tulkinnasta : "veren alhainen immunoglobuliini G-pitoisuus kaksinkertaistaa vasikoiden keuhkokuumepaineen" ' , Suomen eläinlääkärilehti , Vuosikerta. 119 , Nro 2 , Sivut 67-75 . <
<https://www.doria.fi/handle/10024/7338> >

<http://hdl.handle.net/10138/39183>

publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

Hannu Rita ja Anna-Maija Virtala

Termien *odds* ja *odds ratio* tulkinnasta: "Veren alhainen immunoglobuliini G -pitoisuus kaksinkertaistaa vasikoiden keuhkokuumeepaineen"

Interpreting the terms *odds* and *odds ratio*:
"Exposure to low level of immunoglobulin G in blood
doubles the odds of pneumonia (pneumonia pressure)
in calves"

YHTEENVETO

Termit *odds* ja *odds ratio* ovat tavallisia eläinlääketieteellisessä tutkimuksessa, mutta niitä on vaikea tulkita. Lisäksi niiden suomentaminen on vakiintumatonta. Ehdotamme termin *odds* suomenkieliseksi käännökseksi tautipainetta; voidaan myös puhua esimerkiksi sairastumisaineesta, varsomisaineesta tai pelkästään paineesta. Termin *odds ratio* käännökseksi ehdotamme suhteellista tautipainetta. Esitämme esimerkkejä näiden käännosten käytöstä erilaisissa eläinlääketieteellisissä yhteyksissä. Julkistamme internetissä Painelaskurin, joka auttaa osuuksien (esimerkiksi prevalenssi) ja paineiden tai suhteellisten paineiden välisten yhteyksien laskemisessa ja tulkitsemisessä.

SUMMARY

The terms *odds* and *odds ratio* are commonly used in veterinary literature. They are difficult to interpret and translate into Finnish. We suggest the translation tautipaine for *odds* (literally, disease pressure) and suhteellinen tautipaine (literally, relative disease pressure) for *odds ratio*. We give examples of the translations in various veterinary uses. Specific cases of tautipaine are for instance sairastumisaine (literally, pressure to get diseased) or varsomisaine (literally, pressure to foal). We publish a calculator in internet for helping to connect proportions (for instance prevalence) with *odds* and *odds ratios*.

JOHDANTO

Epidemiologisessa kirjallisuudessa *odds ratio* (OR) ilmaisee, kuinka paljon riskitekijälle altistuminen vaikuttaa sairastumiseen. Altistuminen voidaan ilmaista kyllä-ei-tyyppisesti (vasikalla oli veressä immunoglobuliineja alle 1200 mg/dl: kyllä vai ei) tai sen ilmaisu voi olla altistuksen määrää kvantitatiivisesti kuvaava (vasikan veren immunoglobuliinien määrä mg/dl). Itse sairastumisella on tavallisesti vain kaksi vaihtoehtoa, sairas tai terve. Koska kaikki altistuneetkaan eivät aina sairastu, joudutaan sairastumisalttiutta kuvaamaan osuuksien, todennäköisyyksien avulla. *Odds ration* avulla verra-

taan sairastumistodennäköisyyttä altistuneiden ja altistumattomien joukossa. Termille ei ole vakiintunutta suomenkielistä vastinetta. Siksi esitämme seuraavassa oman ehdotuksemme. Tuemme käsitteen ja sen käännoksen eläinlääketieteellisen sisällön ymmärtämistä sijoittamalla termin osaksi suomenkielistä epidemiologista puhetta. Lisäksi olemme rakentaneet Painelaskurin, jonka avulla näihin käsitteisiin liittyviä laskelmia voi suorittaa perehtymättä kaavoihin. Painelaskuri on osoitteessa <http://www.vetmed.helsinki.fi/vetbio/epidemiologia/painelaskuri.html>.

YDINKOHDAT:

- Ehdotamme termiä *odds* käännettäväksi tautipaineeksi ja termiä *odds ratio* suhteelliseksi tautipaineeksi.
- Tautipaine ei ole todennäköisyys tai riski, vaan sen avulla kuvataan todennäköisyyden tai riskin suuruutta.
- Esitämme tavan, jolla ykköstä pienemmät (suojaava tekijä) ja ykköstä suuremmat (altistava tekijä) suhteellisen tautipaineen arvot saadaan vertailukelpoisiksi.
- Julkistamme internetissä Painelaskurin osuuksien (esimerkiksi prevalenssin) ja tautipaineiden ja suhteellisten tautipaineiden välisten yhteyksien laskemiseen ja tulkitsemiseen.

Kirjoitus on saatu toimitukseen 31.5.2011.

KUINKA SUURI ALTISTUKSEN VAIKUTUS ON

Virtala ym.¹ seurasivat, miten altistuminen veren alhaiselle immunoglobuliini G:n pitoisuudelle (IgG-pitoisuus \leq 1200 mg/dl) vaikuttaa tavallisissa navettaolosuhteissa siihen, sairastuvatko vasikat keuhkokuumeeseen. Vasikoiden veren IgG-pitoisuus mitattiin kolostumin saamisen jälkeen ja niiden sairastumista seurattiin kolmen ensimmäisen elinkuukauden ajan; kaikki sairastuneet vasikat hoidettiin. Altistuminen näyttää lisäävän sairastumista, sillä sairaiden osuus 33,3 % (= 105/315) alhaiselle IgG-pitoisuudelle altistuneiden joukossa on suurempi kuin sille altistumattomien joukossa (20,0 % = 15/75; taulukko 1; julkaisun lukuarvoja on hiukan muutettu laskujen yksinkertaistamiseksi).

Altistuksen vaikutuksen suuruus ilmaistaan epidemiologisissa tutkimuksissa laskemalla taulukon 1 lukumääristä ristitulosuhde (RTS, *cross product ratio*). RTS saadaan kaavalla

$$(1) \text{ RTS} = (A \times D) / (B \times C)$$

Nimitys ristitulosuhde kuvaa tapaa, jolla laskut suoritetaan: taulukon luvut (lukumäärät) kerrotaan ensin ristikkäin ja saadut tulokset jaetaan keskenään eli niistä muodostetaan suhde. Taulukon 1 luvuilla $\text{RTS} = (105 \times 60) / (15 \times 210) = 2,00$. Jos taulukon sarakkeiden (tai rivien) paikat vaihdetaan keskenään, saadaan tulokseksi käänteisluku eli 0,5. Siksi on hyvä ilmoittaa sairastuneiden lukumäärä altistuneiden joukossa taulukon vasemmassa yläkulmassa. Virtala ym.¹ raportoivat saadun lukuarvon näin: "Calves with low IgG levels had 2-times higher odds of pneumonia than calves with higher IgG concentrations." Lukuarvo 2,00 vastaa tyhjentävästi kysymykseen: "Kuinka paljon alhaiselle IgG-pitoisuudelle altistuminen vaikuttaa sairastumiseen?" Tämän myötä määrittäytyä asteikko, jolla mitataan

yksittäisen tekijän vaikutuksen suuruutta sairastuvuuteen.

Paine

Osuuksien o_{Alt} ja o_{Ei} (taulukko 1) arvot ovat $o_{\text{Alt}} = 33,3\%$ (keuhkokuumeeseen sairastuneiden vasikoiden osuus altistuneiden vasikoiden joukossa) ja $o_{\text{Ei}} = 20,0\%$ (sairastuneiden vasikoiden osuus altistumattomien joukossa). Koska loput vasikat ovat terveitä, saadaan taulukon 1 toisessa sarakkeessa olevat luvut vähentämällä havaitut osuudet luvusta 100; nämä osuudet eivät siten tuo uutta informaatiota. Taulukon 1 informaatio tiivistyy kahteen lukuun, jotka ovat sairastuneiden osuus altistuneiden joukossa (o_{Alt}) ja sairastuneiden osuus altistumattomien joukossa (o_{Ei}). Ristitulosuhteen avulla verrataan näitä kahta osuutta toisiinsa.

Soveltamalla osuuksiin o_{Alt} ja o_{Ei} kaavaa

$$(2) p(o) = o / (100 - o)$$

saadaan $p(o_{\text{Alt}}) = o_{\text{Alt}} / (100 - o_{\text{Alt}}) = 33,3 / (100 - 33,3) = 0,50$ (= A / B) ja $p(o_{\text{Ei}}) = 0,25$ (= C / D). Jollei osuuksia ole esitetty prosentteina vaan nollan ja yhden välillä olevina lukuina (0,33 pro 33,3), on luku 100 kaavassa (2) korvattava luvulla 1. Kutsumme kaavalla (2) osuudesta o laskettua lukua $p(o)$ tautipaineeksi (*odds*). Tautipaineen arvot raportoidaan: "Veren alhaiselle IgG-pitoisuudelle altistuneiden vasikoiden paine sairastua keuhkokuumeeseen on 0,50, ja altistumattomilla paine on 0,25."

Esimerkkejä eri osuuksiin liittyvistä paineen arvoista on taulukossa 2. Nämä paineiden ja osuuksien väliset muunnokset voidaan tehdä Painelaskurin osiolla Paine ja osuus. Pienillä osuuden arvoilla (alle 5 %) paineen arvo on likimain sama kuin osuuden arvo eli $p(o) \approx o$. Suuremmilla osuuden arvoilla paine ja osuus poikkeavat yhä enemmän toisistaan, jolloin paineen ja osuuden käsitteiden sekaantuminen johtaa vääriin tul-

kintoihin. Paineen käsitettä ei tule sekoittaa termeihin vallitsevuus (prevalenssi) tai ilmaantuvuus (insidenssi), jotka sellaisenaan kuvaavat sairaiden ja sairastuneiden osuutta eli taudin yleisyyttä. Jos osuuksia halutaan verrata toisiinsa, tarvitaan paineen käsitettä.

Subteellinen paine

Osuuksia kannattaa usein verrata laskemalla niitä vastaavien paineiden suhde. Kun esimerkin osuudesta $o_{\text{Alt}} = 33,3\%$ laskettu paine $p(o_{\text{Alt}}) = 0,5$ jaetaan osuudesta $o_{\text{Ei}} = 20,0\%$ lasketulla paineella $p(o_{\text{Ei}}) = 0,25$, saadaan suhteeksi 2,00. Koska osuuksia on verrattu laskemalla vastaavien paineiden suhde, on laskettu suhteellinen paine $sp(o_{\text{Alt}})$ (*odds ratio*). Se on paine $p(o_{\text{Alt}})$ suhteutettuna referenssipaineeseen $p(o_{\text{Ei}})$. Silloin kun referenssiosuuden arvo on $o_{\text{Ei}} = 50\%$, on suhteellisen paineen lukuarvo sama kuin paineen arvo, sillä referenssiosuuden paine on $p(50) = 1,00$.

Suhteellisen paineen lukuarvo 2,00 on sama kuin ristitulosuhteen arvo. Tämä ei ole sattumaa: suhteellisen paineen arvo saadaan aina ristitulosuhteen avulla. Suhteellisen paineen arvo (esimerkiksi 2,00) voidaan ilmaista epidemiologisessa tekstissä: "Altistuneiden vasikoiden paine sairastua keuhkokuumeeseen on kaksinkertainen altistumattomiin verrattuna" tai "Altistuneiden vasikoiden suhteellinen keuhkokuumepaine altistumattomiin verrattuna on 2,00".

Tautipaine liittyy taudin esiintymiseen. Positiivisten ilmiöiden, kuten onnistuneen varsomisen, esiintymistä voidaan kuvata määrettä muuttamalla: "Varsomisipaine kasvaa kolminkertaiseksi, jos siemennys suoritetaan kauniina kesäpäivänä sumuisen syyspäivän sijaan." (Lukuarvo 3,00 on tässä keksitty, eikä perustu mihinkään tutkimustulokseen astutusajankohdan vaikutuksen suuruudesta).

Kaavasta (2) nähdään, että mitä suuremmasta osuudesta o on kyse,

TAULUKKO 1 TABLE

Keuhkokuumeeseen sairastuneiden vasikoiden lukumäärät (ja osuudet) veren alhaiselle immunoglobuliini G (IgG) -pitoisuudelle altistuneiden ja altistumattomien vasikoiden joukossa.¹

The counts (and proportions) of the calves with the status of pneumonia and the exposure to low immunoglobulin G (IgG) level in their blood.¹

		Vasikoiden lukumäärä, osuus (%) sekä näiden symbolit		The count and proportion (%) of calves and their symbols	
		Sairaita Sick	Terveitä Healthy	Yhteensä Total	
Altistus ^a Exposure ^a	A	105 (33,3) o_{Alt}^c	210 (66,7) $(100-o_{Alt})$	315 A+B	(100,0)
Ei altistusta ^b No exposure ^b	C	15 (20,0) o_{Ei}	60 (80,0) $(100-o_{Ei})$	75 C+D	(100,0)
Yhteensä Total	A+B	120 (30,8)	270 (69,2) B+D	390 A+B+C+D	

^a IgG-pitoisuus on ≤ 1200 mg/dl; Alt = altistunut

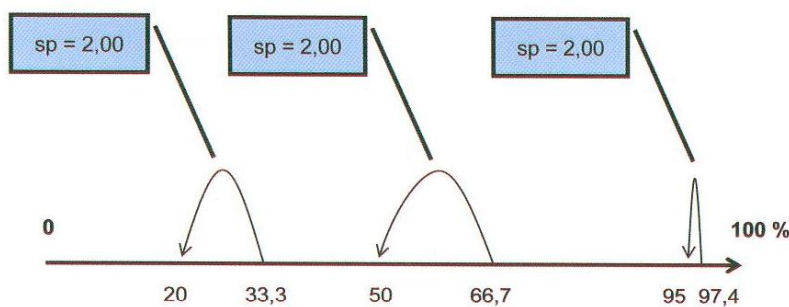
^a IgG concentration ≤ 1200 mg/dl; Alt = exposed

^b IgG-pitoisuus > 1200 mg/dl; Ei = ei altistunut

^b IgG concentration > 1200 mg/dl; Ei = not exposed

^c o = osuus (välillä 0–100)

^c o = proportion (between 0–100)



KUVA 1 FIGURE

Esimerkki suhteellisen paineen (sp) käyttäytymisestä eri suuruusluokkaa olevia osuuksia verrattaessa. Kuvassa kaikissa kolmessa vertailussa osuuksien välinen suhteellinen paine on 2,00, vaikka sekä osuuksien erotukset että suhteet poikkeavat toisistaan.

An example of behavior of odds ratios (sp) when proportions of different magnitudes are compared. Odds ratio in all of the three comparisons between the proportions is 2,00, although neither the differences nor the ratios of these proportions are the same.

sitä suurempi on paineen $p(o)$ arvo. Tästä seuraa, että jos altistus lisää sairauden esiintymistä, on suhteellinen paine ykköistä suurempi; jos altistus suojaakin sairastumiselta, on suhde ykköistä pienempi. Jos esimerkiksi verrataan osuutta 20,0 % osuuteen 33,3 %, on suhteellisen paineen arvo 0,50. Jos vertailu tehdään toisin päin, on suhteellinen paine 2,00. Jos sairastuneiden osuus altistuneiden ja altistumattomien joukossa on yhtä suuri, on suhteellinen paine 1,00. Suhteellinen paine ei ole koskaan negatiivinen. Arvo nolla saavutetaan, kun altistuneiden joukossa ei ole ollenkaan sairastuneita. Suhteellisen paineen arvo on äärettömän suuri, jos kaikki sairastuneet ovat altistuneiden joukossa.

Suhteellinen paine mahdollistaa osuuksien kvantitatiivisen vertailun. Todettakoon vielä kerran, että suhteellisen paineen arvoa 2,00 ei ole saatu suhteena (eli jakolaskulla) sairastuneiden osuuksista o_{Alt} ja o_{Ei} (tulos olisi $33,3 / 20,0 = 1,67$), vaan niitä vastaavista, kaavalla (2) lasketuista paineista $p(o_{Alt})$ ja $p(o_{Ei})$. Esimerkkiaineistossa havaittu altistuksen ja keuhkokuumeen assosiaatiota luonnehtiva kaksinkertaistuminen ei siten koske osuuksia (todennäköisyyksiä, valitsettevuuksia tai ilmaantuvuuksia), vaan paineita. Kyseinen virhetulkinta on hyvin tavallinen ja siitä luopuminen näyttää olevan vaikeaa (ks. esimerkiksi Rita ym.² ja sitä seurannut keskustelu).

Mielikuvia

Kaavalla (2) lasketun luvun englanninkielinen nimitys on *odds*. Ehdotuksemme sen suomennokseksi on paine. Kun sairastuneiden osuus altistuneiden eläinten joukossa on suuri, on altistuneilla suuri paine sairastua. Jos sairastuneiden osuus on alhaisempi, on myös vastaava altistuksen aiheuttama tautipaine pienempi.

Epidemiologian sanaston³ sanalle *odds* tarjoama käänös 'veto'

saattaa tuottaa altistuksen vaikutuksesta virheellisen mielikuvan, sillä altistus ei vedä sairautta puoleensa, vaan pikemminkin painaa eläimiä sairastumista kohti. Veto-sanaan liittyvät uhkapelimielikuvat⁴ ovat tarpeettomia. Paineiden suhteen englanninkielinen nimitys on *odds ratio*. Jos käytetään suomen-nostamme, ei *odds ratio* -termiä ole tarpeen kääntää. Koska *odds ratio* ilmoittaa tarkastelun kohteena olevan paineen $p(o_{Alt})$ arvon suhteutettuna vertailupaineeseen $p(o_{Ei})$, on se suhteellinen paine. Se voidaan laskea Painelaskurin osiolla Suhteellinen paine.

Havainnollistaminen

Suhteellisen paineen lukuarvoa

voidaan havainnollistaa käyttäen osuuksia, mutta sitä ei voida tyhjentävästi palauttaa niihin. Esimerkiksi arvo 2,00 kuvasi edellä veren alhaiselle IgG-pitoisuudelle altistumisen vaikutusta keuhkokuumeeseen sairastumiseen. Koska sama suhteellisen paineen arvo syntyy, kun osuutta 66,7 % verrataan osuuteen 50,0 %, (Painelaskurin osio Suhteellinen paine ja annettu osuus), suhteellisen paineen arvoa 2,00 (ja siis altistuksen sairastumista lisäävää vaikutusta) voidaan havainnollistaa seuraavalla ehdollisella lauseella: ”Jos keuhkokuumeen ilmaantuvuus altistumattomilla vasikoilla on 50 %, on se altistuneilla 66,7 %.”

Tässä käytetty referenssiosuus

50 % on mielivaltainen. Se sopii tarkoitukseensa hyvin, sillä se sijaitsee keskellä prosenttiakselia. Näin eri suuntiin (ylös tai alas) tapahtuvien muutosten suuruuksia voidaan helposti vertailla. Lisäksi osuutta 50 % vastaava paine on 1,00, mikä helpottaa laskutoimituksia. Jos vertailuosuus 50 % poikkeaa selvästi todellisesta vallitsevuuden tai ilmaantuvuuden arvosta, saattaa lukijalle jäädä virheellinen mielikuva. Esimerkiksi BVD-viruksen esiintyvyys ei Suomessa ylitä arvoa 1 %. Tällöin on järkevää käyttää jotakin muuta, lähempänä todellista arvoa olevaa vertailuosuutta. Sellaisia osuuspareja, joiden välinen suhteellinen paine on esimerkiksi juuri 2,00, on

TAULUKKO 2 TABLE

Subteellisen paineen (odds ratio) ja sen laskemiseen tarvittavien paineiden (odds) arvoja, kun sairastuneiden osuutta (o) altistuneiden joukossa o_{Alt} (rivit) verrataan osuuteen altistumattomien joukossa o_{Ei} (sarakkeet).

Odds ratios and the odds that are needed for their calculations when the proportions of diseased are compared between the exposed o_{Alt} (rows) and the non exposed o_{Ei} (columns).

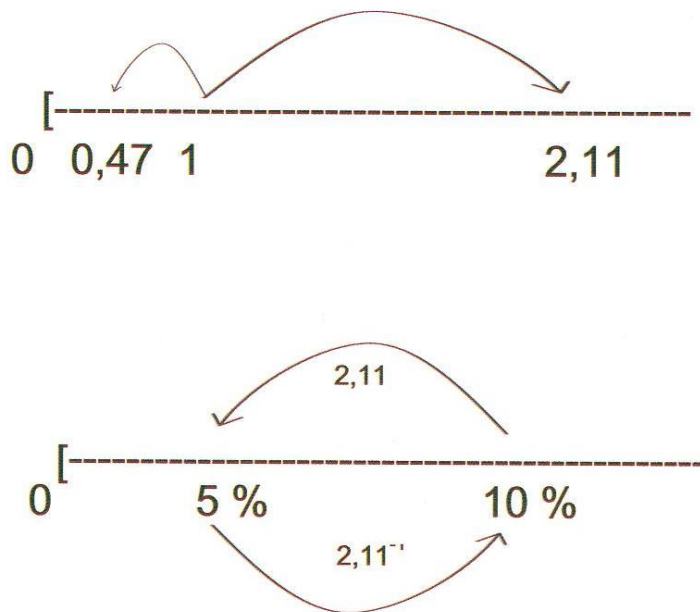
Suhteellinen paine (vaaleanharmaa alue keskellä) Odds ratio (light grey area)	o_{Ei} (%) ^a	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
o_{Alt} (%) ^b	Paine Odds	0,05	0,11	0,25	0,43	0,67	1,00	1,50	2,33	4,00	9,00	19,00
5	0,05	1,00	2,11 ⁻¹	4,75 ⁻¹	8,14 ⁻¹	12,67 ⁻¹	19,00 ⁻¹	28,50 ⁻¹	44,33 ⁻¹	76,00 ⁻¹	171,0 ⁻¹	361,0 ⁻¹
10	0,11	2,11	1,00	2,25 ⁻¹	3,86 ⁻¹	6,00 ⁻¹	9,00 ⁻¹	13,50 ⁻¹	21,00 ⁻¹	36,00 ⁻¹	81,00 ⁻¹	171,0 ⁻¹
20	0,25	4,75	2,25	1,00	1,71 ⁻¹	2,67 ⁻¹	4,00 ⁻¹	6,00 ⁻¹	9,33 ⁻¹	21,00 ⁻¹	44,33 ⁻¹	76,00 ⁻¹
30	0,43	8,14	3,86	1,71	1,00	1,56 ⁻¹	2,33 ⁻¹	3,50 ⁻¹	5,44 ⁻¹	9,33 ⁻¹	21,00 ⁻¹	44,33 ⁻¹
40	0,67	12,67	6,00	2,67	1,56	1,00	1,50 ⁻¹	2,25 ⁻¹	3,50 ⁻¹	6,00 ⁻¹	13,50 ⁻¹	28,50 ⁻¹
50	1,00	19,00	9,00	4,00	2,33	1,50	1,00	0,67	2,33 ⁻¹	4,00 ⁻¹	9,00 ⁻¹	19,00 ⁻¹
60	1,50	28,50	13,50	6,00	3,50	2,25	1,50	1,00	1,56 ⁻¹	2,67 ⁻¹	6,00 ⁻¹	12,67 ⁻¹
70	2,33	44,33	21,00	9,33	5,44	3,50	2,33	1,56	1,00	1,71 ⁻¹	3,86 ⁻¹	8,14 ⁻¹
80	4,00	76,00	36,00	16,00	9,33	6,00	4,00	2,67	1,71	1,00	2,25 ⁻¹	4,75 ⁻¹
90	9,00	171,0	81,00	36,00	21,00	13,50	9,00	6,00	3,86	2,25	1,00	2,11 ⁻¹
95	19,00	361,0	171,0	76,00	44,33	28,50	19,00	12,67	8,14	4,75	2,11	1,00

^a Sairastuneiden osuus altistumattomien joukossa

^b Sairastuneiden osuus altistuneiden joukossa. Esimerkki taulukon käytöstä: rivillä 20 ja sarakkeella 10 oleva subteellisen paineen arvo 2,25 saadaan jakamalla osuuteen 0,20 liittyvä paine (0,25) osuuteen 0,10 liittyvällä paineella (noin 0,11) (Rita & Komonen¹³, muokattu).

^a The proportion of diseased among not exposed

^b The proportion of diseased among those exposed; An example of the use of the table: the odds ratio 2.25 (shown in row 20, column 10) is calculated by dividing the odds (0.25) corresponding the proportion 0.20 by the odds (about 0.11) corresponding the proportion 0.10 (Rita & Komonen¹³, modified).



KUVA 2 FIGURE

Käänteisluvun käytön havainnollistaminen suhteellisen paineen tulkinnaassa. Ylempi asteikko kuvaa suhteellisia tautipaineita, alempi asteikko osuuksia. Kun osuutta 5 % verrataan osuuteen 10 % ja osuutta 10 % osuuteen 5 %, ovat saatavat suhteellisen paineen arvot (0,47 ja 2,11) toistensa käänteislukuja: $0,47 = 2,11^{-1}$.

Demonstration of the use of the inverse of odds ratio in interpretation. When proportion 5% is compared to proportion 10%, and proportion 10% to proportion 5%, the obtained odds ratios (0,47 and 2,11, respectively) are inverse numbers: $0,47 = 2,11^{-1}$.

itse asiassa äärettömän monta. Vertailuosuus voidaan siis aina valita sellaiseksi, joka kuvaa tarkasteltavaa esiintyvyyttä paremmin. Valinnan jälkeen havainnollistuksessa tarvittavat osuudet saadaan Painelaskurin osiolla Suhteellinen paine ja annettu osuus.

SUHETELLISEN PAINEN KÄSITE ON VÄLTÄMÄTÖN

Saattaa tuntua, että esimerkissämme riittäisi ilmoittaa sairastuneiden osuudet 20,0 % (altistumattomilla) ja 33,3 % (altistuneilla). Mitä lisäarvoa tuo suhteellisen paineen arvon (2,00) laskeminen? Esitämme seuraavassa argumentteja suhteellisen paineen puolesta.

Osuudet vai niiden vertaaminen

Kun arvioidaan utaretulehduksen aiheuttamia taloudellisia menetyksiä lypsykarjanhoidossa, on tarpeen tietää taudin ilmaantuvuus. Se on yhden kerran poikineilla lehmillä Suomessa 13,9 % ja Norjassa 21,5 %.⁵ Suomen ja Norjan vertailuun näiden arvojen suuruuden ilmoittaminen ei riitä; vertailussa päähuomio on osuuk-sien erilaisuuden kuvaamisessa. Kun verrataan Norjaa Suomeen, on yllä mainituista osuuksista laskettu suhteellinen paine 1,70.

Osuuksien tarkastelussa mielenkiinto voi siis kohdistua sekä osuuk-sien suuruuksiin että niiden erilaisuuteen. Ensimmäisessä tapauksessa ilmoitetaan esimerkiksi

ilmaantuvuudet, mutta toisessa lisäksi niistä laskettu suhteellinen paine, sillä ilmaantuvuuksien raportointi ei riitä vertailuun. Kuvitellaan, että kahdessa muussa maassa utaretulehduksen ilmaantuvuus yhden kerran poikineilla on suurempi, esimerkiksi 28,0 % maassa A ja 37,5 % maassa B. Laskematta suhteellisen paineen arvoja on mahdotonta sanoa, onko utaretulehduksen ilmaantuvuuksien erilaisuus Suomen ja Norjan välillä suurempi vai pienempi kuin maiden A ja B välillä. Kun maata B verrataan maahan A, saadaan suhteelliseksi paineeksi 1,54, joka on hiukan pienempi arvo kuin verrattaessa Norjaa Suomeen. Ilmaantuvuuksien ero maiden A ja B välillä on siis jonkin verran vähäisempi kuin Suomen ja Norjan välillä. Jos lasketaan osuuksien erotukset, saadaan päinvastainen käsitys: $7,6 (= 21,5 - 13,9)$ on pienempi kuin $9,5 (= 37,5 - 28,0)$. Havainnointiin tai mittaamiseen perustuvassa tutkimuksessa suhteellisten paineiden erilaisuudelle tarvitaan tietysti myös tilastollisen tarkastelun antamaa tukea.

Intuitio johtaa barbaan

Osuuksien vertailun tekee ongelmalliseksi se, että kun näemme kaksi lukua, vertaamme niitä tavoilla, jotka eivät välttämättä sovellu osuuk-sien vertailuun. Alussa esittämässämme esimerkissä voidaan laskea erotus: $33,3 - 20,0 = 13,3$. Tämä saattaa olla järkevää, jos luvut ovat esimerkiksi keskimääräisiä painoja. Tulos ilmoittaa, että ensin mainittu keskipaino on 13,3 kg suurempi kuin jälkimmäinen. Toinen tavallinen tapa verrata lukuja on laskea niiden suhde: $33,3/20,0 = 1,665$. Nyt keskipainojen vertailun tulos ilmoitetaan sanomalla, että ensin mainittu keskipaino (33,3 kg) on 66,5 % suurempi kuin jälkimmäinen (20,0 kg). Tämä saadaan laskulla $100 \times (33,3 - 20,0)/20,0 = 66,5$.

Kumpikaan näistä tavoista ei

sovellu osuuksien vertaamiseen. Syy paljastuu, kun yritetään vastata kysymykseen: ”Mikä on sellainen osuus, että kun sitä verrataan osuuteen 95 %, saadaan sama tulos kuin verrattaessa osuutta 33,3 % osuuteen 20,0 %?” Jos kysymykseen vastataan laskemalla erotukset, vastaus on 108,3 %, joka siis on 13,3 prosenttiyksikköä suurempi kuin 95 %. Suhteiden laskeminen antaa 158,2 %, joka on 66,5 % suurempi kuin 95 prosenttiyksikköä. Koska missään populaatiossa sairastuneiden vasikoiden osuus ei voi ylittää arvoa 100 %, on sekä erotukseen että suhteeseen perustuva osuuksien vertailu loogisesti virheellistä. Myöskään negatiiviset osuuden arvot eivät ole mielekkäitä, mutta erotukseen perustuvat vertailut voivat johtaa sellaisiin. Kun vertailuun käytetään suhteellista painetta, osuudet säilyvät aina osuuksina (kuva 1). Painelaskurin osiolla Sama suhteellinen paine saadaan yllä olevaan kysymykseen vastaus 97,4 %. Epidemiologiassa käytetään yleisesti erotukseen ja suhteeseen perustuvia käsitteitä riskiero (*risk difference*) ja riskisuhde (*risk ratio*); ne ovat esimerkiksi kohortti-asetelmissa paikallaan.

Tapaus-verrokkiasetelma

Suhteellista painetta voidaan käyttää jopa tilanteissa, joissa osuuksien suuruudet ovat vertaamattomia: näin käy tapaus-verrokkiasetelmassa (*case-control design*). Tätä asetelmaa käytetään erityisesti tutkittaessa harvinaisia sairauksia, sillä yksinkertaisella satunnaisotannalla kerättyyn aineistoon ei tällöin välttämättä osu ainuttakaan sairastunutta yksilöä. Tapaus-verrokkiasetelmassa sairastuneiden (ja siten myös terveiden) osuus aineistossa riippuu tutkijan valinnoista, koska sairaut yksilöt kerätään esimerkiksi sairaalamateriaalista ja kontrolliyksilöitä otetaan tutkijan valitsema määrä. Näin sairaiden osuus aineistossa ei kuvaa sai-

rauden yleisyyttä populaatiossa. Taulukon 1 tapauksessa sairaiden osuus 30,8 % määräytyi siitä, että mukana ovat sekä kaikki seurannan aikana sairastuneet (120) että verrokeiksi sopineet vasikat (270). Jos sairaita vasikoita on löytynyt vaikkapa kaksinkertainen määrä 240, mutta verrokkien määrä on pysynyt ennallaan, sairaiden osuus aineistossa on 47,1 % (= 240/510). Vaikka tapaus-verrokkiasetelmassa sairaiden osuus populaatiossa ei ilmene aineistossa, voidaan altistuksen vaikutusta kuvaava suhteellinen paine silti laskea tavanomaisena ristitulosuhteena.⁶ Oletetaan, että sairaut jakautuvat altistuksen suhteen samalla tavalla kuin alkuperäisessä aineistossa (240 = 210 + 30). Sijoittamalla nämä kaavaan (1) saadaan RTS = $(210 \times 60) / (30 \times 210) = 2,00$, joka saatiin ristitulosuhteeksi myös alkuperäisestä aineistosta.

Jos altistuksen vaikutusta kuvataan riskien suhteella (*risk ratio*), saadaan alkuperäisestä (sairaita 120) aineistosta $33,3 / 20,0 = 1,67$ ja kuvitteellisesta (sairaita 240) aineistosta $50,0 / 33,3 = 1,50$. Riskien suhde ei näin sovi altistuksen vaikutuksen kuvaamiseen tapaus-verrokkiasetelmissä.

Tilastotieteellinen perustelu

Osuuksien vertailuun soveltuvat tilastolliset menetelmät perustuvat binomijakaumaan.⁶ Koska *odds* (paine) on binomijakauman yleistettyihin lineaarisiihin malleihin perustuvan tarkastelun kanoninen parametri,⁷ päädytään paineen käyttöön pelkästään tilastollis-teknisistä syistä. Osuuksien eron tilastollisen merkitsevyydenkin selvittäminen perustuu siten paineiden vertailuun.

SUhteellinen Paine, KUN SELITTÄJÄ ON NUMEERINEN

Edellä suhteellista painetta käytettiin, kun verrattiin kahta osuutta

toisiinsa. Taulukon 1 aineisto¹ oli saatu jakamalla veren IgG-pitoisuuden arvot kahteen luokkaan, korkeintaan ja yli 1200 mg/dl. Alhaiselle IgG-pitoisuudelle altistumisen vaikutusta kuvattiin vertaamalla näissä kahdessa luokassa havaittuja sairastuneiden osuuksia. IgG-pitoisuus on kuitenkin numeerinen muuttuja ja saattaa olla, että jakopisteen arvo vaikuttaa saatavaan suhteellisen paineen arvoon. Tämä voidaan välttää, jos IgG-pitoisuuden vaikutus ilmaistaan suhteellisen paineen avulla suoraan mitattuihin IgG-arvoihin perustuen. Tällöin laskeaan, kuinka suuren suhteellisen muutoksen IgG:n pitoisuudessa tapahtuva yhden yksikön kasvu aiheuttaa keuhkokuumeeseen. Tähän käytetään logistista regressiota.⁶

Logistiseen regressioon perustuva tilastollinen analyysi toteaa veren IgG-pitoisuuden olevan keuhkokuumeeseen esiintymisen merkitsevä selittäjä ($p = 0,0345$). Tätä logistisen regressioanalyysin antamaa tulosta ei ole aiemmin julkaistu, mutta se perustuu samaan aineistoon, jonka Virtala ym.⁸ ovat esittäneet graafisesti. IgG-pitoisuuden yhden yksikön suuruuden kasvun vaikutusta kuvaavaksi suhteelliseksi paineeksi saadaan 1,00. Tulos on yllättävä: suhteellisen paineen arvo 1,00 merkitsee, että vertailtavat osuudet ovat yhtä suuria eli että sairastuneiden osuus ei muutu IgG-pitoisuuden muuttuessa. Tämä outo arvo johtuu $sp:n$ esitystarkkuudesta ja siitä, että veren IgG-pitoisuuden mittauksessa käytettiin yksikköä mg/dl, joka on hyvin pieni suhteessa aineistossa havaittuun IgG-pitoisuuden vaihteluun (pienin arvo on 104 mg/dl ja suurin 5229 mg/dl). Suhteellisen paineen tarkempi arvo on 0,99977; sen tilasto-ohjelma on pyöristänyt arvoksi 1,00. Tarkempi arvo saadaan logistisen regressioon avulla selittäjän IgG kulmakertoimen -0,00023 kautta käyttäen

eksponenttifunktiota:

$0,99977 = e^{-0,00023}$. Logistisesta regressiosta lisää Painelaskurin osiossa 5 Yhden selittäjän logistinen regressio. Selittäjän vaikutuksen ilmaiseminen hyvin pientä yksikköä kohti (tässä: mg/dl) johtaa esitystarkkuusongelmiin, eikä ole sisällöllisesti mielekäästä. Jos selittäjän yksikkö (mg/dl) muutetaan jakamalla IgG-arvot luvulla 1000, saadaan yksiköksi g/dl. Tätä yksikköä käyttäen saadaan suhteelliseksi paineeksi 0,795 (ja kulmakertoimeksi -0,230026). Koska tulos on < 1 , keuhkokuumepaine pienenee, kun veren IgG-pitoisuus nousee. Tulos voidaan kirjata: "Keuhkokuumepaine pienenee 20,5 % [=100*(1-0,795)], kun veren IgG-pitoisuus nousee 1 g desilitraa kohti."

SUhteellinen PAINETIETEELLISISSÄ JULKAISUISSA

Suhteellinen paine (*odds ratio*) on niin vaikea käsite, ettei kaikkiin *odds ratio* -tulkintoihin aina voi luottaa. Houkuttelevin virhe näyttää olevan suhteellisen paineen tulkitseminen osuuksien suhteena.⁴

Gearhart ym.⁹ havaitsivat, että umpeenpanoon liittyvän ylikuntoisuuden vaikutusta seuraavan lypsykauden lisääntymishäiriöiden esiintymiseen kuvasi suhteellinen paine 2,8. He raportoivat tuloksen sanomalla, että umpeenpantaessa ylikuntoiset lehmät saivat seuraavalla lypsykaudella 2,8 kertaa todennäköisemmin lisääntymishäiriön kuin hyväkuntoiset lehmät. Artikkelin tietojen perusteella arvioimme, että hyväkuntoisilla lehmillä lisääntymishäiriöiden insidenssi olisi ollut 20,0 %. Kertomalla tämä osuus luvulla 2,8 saadaan 56,0 %. Paineiden kautta laskien osuus 20,0 % muuttuu osuudeksi 40,2 % (Painelaskurin osio Suhteellinen paine ja annettu osuus). Ero on niin suuri, että suhteellisen paineen tulkitseminen todennäköi-

syyksien suhteeksi johtaa virheelliseen tulokseen.

Suhteellisen paineen (*odds ratio*) tulkitseminen osuuksien, riskien, suhteeksi (*risk ratio*) on mahdollista, kun verrattavat osuudet (riskit) ovat pieniä. Gröhn ym.¹⁰ tulkitsevat, että metriitin vaikutusta ketoosin esiintymiseen kuvaava suhteellinen paine 2,8 (luottamusväli 1,6–4,8) merkitsee, että metriitilehmillä on noin kolme kertaa suurempi ketoosiriski (*risk odds ratio of ketosis*) kuin lehmillä, joilla ei ole metriittiä. Artikkelin tietojen perusteella arvioimme, että ketoosin insidenssi lypsykaudella niillä, joilla ei ole metriittiä, on 2,8 %. Jos tämä kerrotaan suoraan suhteellisella paineella 2,8, saadaan 7,8 %; paineisiin perustuen saadaan 7,5 % (Painelaskurin osio Suhteellinen paine ja annettu osuus). Ero ei ole kovin suuri, mikä oikeuttaa riskin käsitteen käyttöä. Toisaalta termin *risk odds ratio* käyttäminen voi helposti johtaa siihen, että lukija mieltää suhteellisen tautipaineen riskien suhteeksi, mistä ei ole kysymys. Suhteellisen paineen lukuarvon voi kuitenkin tulkita osuuksien suhteena (riskisuhteena, *risk ratio*), kun sairauden insidenssi on korkeintaan 5 %.¹¹ Virhe suurenee paitsi osuuden myös suhteellisen paineen kasvun myötä.

Langlois ja Blouin¹² tutkivat hevosten hedelmällisyyteen vaikuttavia tekijöitä ja onnistuneiden varsomisten osuuden kehitystä astutetuilla tammoilla. Peräkkäisten vuosien välistä eroa onnistuneiden varsomisten osuudessa kylmäverisillä tammoilla kuvasi suhteellisen paineen (*odds ratio*) arvo 1,042, joka laskettiin logistisella regressiolla. Langlois ja Blouin¹² tulkitsevat pyöristäen, että kylmäveristen hevosten varsantuottokyky (*numerical productivity*; syntyneiden varsojen osuus astutettujen tammojen joukossa) kasvoi tuona ajanjaksona keskimäärin 4 % vuodessa. Tarkka arvo oli 4,2 %: $100 \times (1,042$

- 1,000). Logistisen regressioon antama tulos on siis: varsomispaineen vuosittainen kasvu oli 4,2 %.

Langlois ja Blouin soveltavat pyöristettyä kasvuprosenttia 4 osuuteen 54 %, joka on vertailuryhmän, French Trotter -hevosten, keskimääräinen varsomisprosentti (B. Langlois, henkilökohtainen tiedonanto). Kasvuprosenttia 4 pitäisi kuitenkin soveltaa kyseistä osuutta vastaavaan paineeseen 1,174 (= $54 / [100 - 54]$), eikä itse osuuteen 54 %. Jos paine 1,174 kasvaa 4 %, muuttuu sitä vastaava osuus 54 % osuudeksi 55 % (Painelaskurin osio Suhteellinen paine ja annettu osuus). Tässä on kasvua yksi prosenttiyksikkö, ei kaksi niin kuin Langlois ja Blouin¹² esittävät. Jos tuntuu tarpeelliselta täydentää vuosittaisten varsomisosuuksien vertailun tulosta (varsomispaine kasvaa 4,2 % vuodessa), voidaan havainnollistavia osuuksia laskea helposti Painelaskurin osiolla Yhden muuttujan logistinen regressio. Kun paine kasvaa vuodesta seuraavaan 4,2 %, se muuttuu kahdessa vuodessa $(1,042)^2 = 1,086$ -kertaiseksi eli kasvaa 8,6 %. Jos varsomisten osuus vuonna 1989 olisi ollut 50,0 %, olisi se mallituksen mukaan ollut 60,1 % vuonna 1999; tämä vastaa painetta $(1,042)^{10} = 1,509$. Langloisin ja Blouinin¹² tulkintaan perustuva laskutapa (noin 2 % vuodessa) antaa 70 % (= $50 + 10 \times 2$).

ALTISTAVIEN JA SUOJAAVIEN TEKIJÖIDEN VERTAILU

Termin altistus liittyy mielikuva sairauden esiintymisen lisääntymisestä. Jos sairaiden osuus altistuneiden joukossa on suurempi kuin altistumattomien joukossa, saa suhteellisen tautipaine ykköistä suurempia arvoja. Kuinka suuret arvot tahansa ovat mahdollisia. Esimerkiksi osuuksista 99,9 % ja 0,1 % laskettu suhteellinen paine on noin 10^6 (Painelaskurin osio

Suhteellinen paine). Koko luku-suora arvosta yksi ylöspäin on siten tarpeen, kun kuvataan tautipaineen kasvua. Mutta kun altistus osoittautuukin suojaksi sairautta vastaan eli vähentää sairauden esiintymistä, ovat suhteellisen paineen arvot ykköstä pienempiä, sillä nyt verrataan pienempää osuutta suurempaan. Koska suhteellinen paine on aina vähintään nolla, suojaavan vaikutuksen suuruuden kuvaamiseen tarvitaan vain väli nolasta ykköseen (tai ykkösestä noltaan). Osuuksista 0,1 % ja 99,9 % (vertailu suoritetaan siis toisessa järjestyksessä) laskettu suhteellinen paine on noin 10^{-6} (Painelaskurin osio Suhteellinen paine).

Osuuksien muutokset ylös- ja alaspäin heijastuvat suhteelliseen paineeseen epäsymmetrisesti: kasvun suuruuden kuvaamiseen tarvitaan väli $[1, \infty)$, kun vähentämisen ilmaiseamiseen riittää väli $[0, 1]$ (taulukko 2, kuva 2). Tämä epäsymmetria vaikeuttaa tautipainetta kasvattavien ja sitä vähentävien tekijöiden vaikutusten suuruuksien vertaamista. Ei esimerkiksi ole aina ensi silmäyksellä selvää, että 2,11 ja 0,47 ovat siinä mielessä yhtä suuria suhteellisia paineita, että molemmat syntyvät vertaamalla osuuksia 5 % ja 10 % eri suuntiin. Kun huomataan, että $0,47 = 2,11^{-1}$ (2,11:n käänteisluku), voidaan altistavien ja suojaavien tekijöiden vaikutusten suuruuksia verrata. Kun vertailun suuntaa muutetaan, muuttuu suhteellinen paine aina käänteisluvukseen. Laskemalla ykköstä pienemmän suhteellisen paineen käänteisluku nähdään, kompensoiko kyseinen suojaava tekijä tietyn altistuksen vaikutuksen.

Käänteislukuesitys on analoginen erotukseen perustuvan muutoksen kuvaamisen kanssa. Lämpötilojen 20 ja 30 ero on +10 astetta, kun jälkimmäistä verrataan edelliseen ja sen vastaluku on -10, jos verrataan edellistä jälkim-

mäiseen. Koska paineita verrataan erotuksen sijaan suhteena, etumerkin muutosta vastaa käänteisluvun muodostaminen.

Painelaskuri tulostaa automaattisesti myös suhteellisen paineen käänteisluvun arvon (Painelaskurin osio Suhteellinen paine), jonka käyttäminen on hyödyllistä tulkinnan kannalta erityisesti silloin, kun alkuperäinen suhteellinen paine on ykköstä pienempi. Tällaiset suhteellisen paineen arvot on taulukossa 2 esitetty suoraan käänteislukuina. Rita ja Komonen¹³ tarjoavat esimerkin käänteislukuesityksen hyödyistä usean selittäjän logistisen regressio yhteydessä. Käytämme vielä vasikkaesimerkkiämme havainnollistamaan altistusten vaikutusten vertailua. Virtalan ym.¹ aineistossa oli tieto siitä, onko vasikka altistunut täyskasvuisten lehmien kautta välittyville tartunnoille vai ei. Jos täyskasvuisten altistuneista 20 % (tässä lukuarvoja on yksinkertaisuuden vuoksi hieman muutettu) sairastui keuhkokuumeeseen ja altistumattomista 10 %, on altistuksen vaikutusta kuvaavan suhteellisen paineen arvo 2,25. Täyskasvuisten altistumisen vaikutus olisi siten hiukan suurempi kuin altistuminen veren alhaiselle IgG-pitoisuudelle, jonka vaikutusta kuvaava suhteellinen paine oli 2,00. Osuuksien avulla tätä tulosta voitaisiin havainnollistaa näin: ”Jos keuhkokuumeeseen vallitsevuus altistumattomilla vasikoilla on 50 %, se on 66,7 % veren alhaiselle IgG-pitoisuudelle altistuneilla ja täyskasvuisten altistuneilla 69,2 %” (Painelaskurin osio Suhteellinen paine ja annettu osuus). Molempien altistusten kokonaisvaikutusta ei näillä tiedoilla kuitenkaan voi laskea; se edellyttää mallitusta, joka mahdollistaa yhdysoikutuksen (*interaction*) huomioon.

Miten vasikan syntymäaika voisi vaikuttaa? Syntymästä tiedetään, onko se tapahtunut talvikauden ulkopuolella (kesällä) vai muul-

loin. Oletetaan, että sairastuneiden osuus altistuneista (kesällä syntyneistä) on 12,5 % ja altistumattomista (muulloin syntyneistä) 25,0 %. (Arvot ovat keksittyjä.) Ovatko keuhkokuumeeseen esiintymistä kasvattavat tekijät (altistuminen veren alhaiselle IgG-pitoisuudelle tai täyskasvuisten naudoille) vaikutukseltaan erilaisia kuin vähentävä tekijä (kesällä syntyminen)? Painelaskurin osio Suhteellinen paine antaa osuuksien 12,5 ja 25,0 paineiden suhteelle arvon 0,429. Suhteutettuna 50 %:iin kesällä syntyneillä keuhkokuumeisten osuus on 30,0 %. Tämä merkitsee 20 prosenttiyksikön vähennystä vertailuosuuteen 50 % nähden. Kaksi muuta altistusta puolestaan kasvattivat osuutta, mutta vähemmän, 16,7 ja 19,2 prosenttiyksikköä. (Tällainen vertailu on oikeutettu vain, jos lähtöosuutena käytetään 50 %:a). Tämä viittaa siihen, että kesällä syntyminen vaikutus on näistä kolmesta suurin. Käänteislukuesitys vahvistaa tämän, sillä kesäaltistuksen suhteellisen paineen 0,429 käänteisluku on 2,333, joka on suurempi kuin kummankaan muun tekijän suhteellinen paine. Käytännössä tämän kokoiset erot suhteellisissa paineissa ovat pieniä.

LOPUKSI

Toivomme, että käänöksillä tautipaine ja suhteellinen tautipaine tuomme selkeyttä todennäköisyyksien ja osuuksien vertailuun ja että termi ehkäisee suomennokseen perustuvia virheellisiä tulkintoja. Koska osuudet ovat paljaita lukuja, on ymmärrettävää, että niiden vertaaminen on erilaista kuin yksiköllisten numeeristen mittaustulosten. Lisäksi osuuksien mahdolliset arvot on rajattu välille 0–100 %. Paineen ja suhteellisen paineen käsitteet voidaan nähdä yksinkertaisimpana ratkaisuna osuuksien vertailuun eläinlääketieteessä. Vähentääksemme laskennallisia vaikeuksia piilotimme kaavat ja

niillä laskemisen Painelaskuriin. Siinä tavallisimmat paineeseen ja suhteelliseen paineeseen liittyvät laskut on mahdollista suorittaa yksinkertaisesti syöttötiedot antamalla. Painelaskurin ja samalla paineen ja suhteellisen paineen järkevään käyttöön riittää sen ymmärtäminen, että kyse on osuuksien vertailusta.

KIITOKSET

Kirjoittajat kiittävät FM Kristian Lindqvistiä Painelaskurin toteuttamisesta.

LÄHDEKIRJALLISUUS

1. Virtala A-MK, Gröhn YT, Mechor GD, Erb HN. The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory disease in heifers during the first 3 months of life. *Prev Vet Med.* 1999;39:25–37.
2. Rita H, Töttö P, Alastalo M. Ettäkö 200 % turkulaisten kirjoittamista artikkeleista on kvantitatiivisia? Vetosuhteen (odds ratio) ja vedon (odds) tulkintaa. *Janus* 2008;16:72–80.
3. Läärä E, Luostarinen T, Hakulinen T, Lyytikäinen O, Sarna S, Virtala A-M ym. Epidemiologian englanti-suomi-englanti-sanasto. Helsinki: Suomen Epidemiologian Seura ja Duodecim. 26.11.2008. <http://www.finepi.org/files/englantisuomi.pdf>.
4. Rita H. Vetosuhte (odds ratio) ei ole todennäköisyyksien suhde. *Metsätieteen aikakauskirja.* 2004;207–12.
5. Valde JP, Lawson LG, Lindberg A, Agger JF, Saloniemi H, Østerås O. Cumulative risk of bovine mastitis treatments in Denmark, Finland, Norway and Sweden. *Acta Vet Scand.* 2004;45:201–10.
6. Collett, D. Modelling binary data. 2. painos. Lontoo: Chapman & Hall; 2002.
7. Dobson AJ. An introduction to generalized linear models. Lontoo: Chapman and Hall; 1990.
8. Virtala A-MK, Mechor GD, Gröhn YT, Erb HN, Dubovi EJ. Epidemiologic and pathologic characteristics of respiratory tract disease in dairy heifers during the first three months of life. *J Am Vet Med Assoc.* 1996;208:2035–42.
9. Gearhart MA, Curtis CR, Erb HN, Smith RD, Sniffen CJ, Chase LE ym. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J Dairy Sci.* 1990;73:3132–40.
10. Gröhn YT, Eicker SW, Hertl JA. The association between previous 305-day milk yield and disease in New York State dairy cows. *J Dairy Sci.* 1995;78:1693–702.
11. Dohoo I, Martin W, Stryhn H. Veterinary epidemiologic research. Charlottetown: AVC Inc; 2003.
12. Langlois B, Blouin C. Statistical analysis of some factors affecting the number of horse births in France. *Reprod Nutr Dev.* 2004;44:583–95.
13. Rita H, Komonen A. Odds ratio: an ecologically sound tool to compare proportions. *Annal Zool Fennici* 2008;45:66–72.

KIRJOITTAJIEN OSOITTEET

*Hannu Rita, FT, Dos, lehtori
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto
PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
hannu.rita@gmail.com*

*Anna-Maija Virtala, ELL, MSc,
PhD, Dos, yliopistonlehtori
Eläinlääketieteellinen tiedekunta
Helsingin yliopisto, PL 66, 00014
Helsingin yliopisto
anna-maija.virtala@helsinki.fi*