

# Maskinlæring og kunstig intelligens for beslutningsstøtte ved innovativ analyse av elektroniske pasientjournaler

Robert Jenssen

Machine Learning Group, UiT Norges Arktiske Universitet

[machine-learning.uit.no](http://machine-learning.uit.no)



Bodø, 19. juni 2019

# Agenda

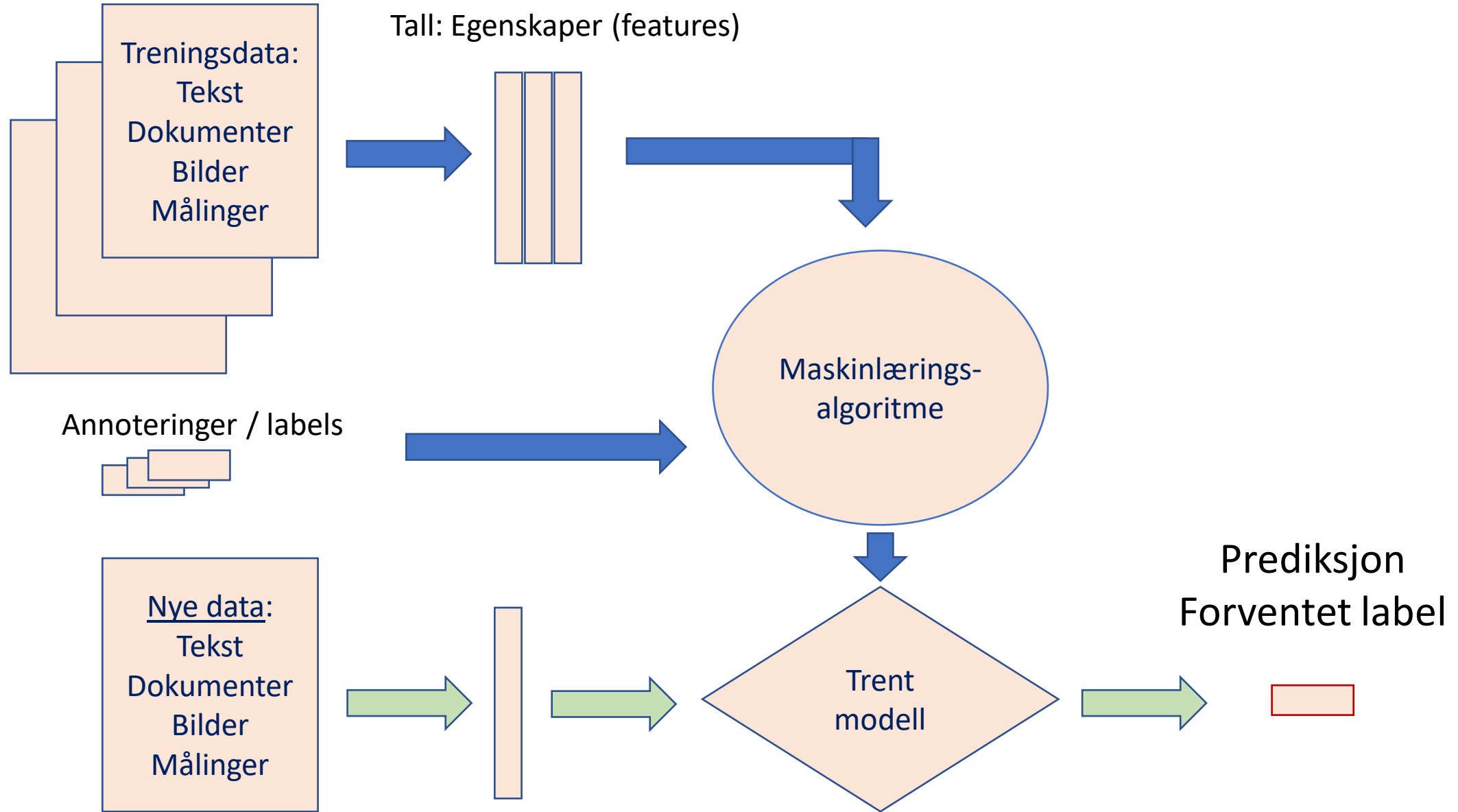
- Bakgrunn
- Vår forskning på verktøy for datadrevet beslutningsstøtte ved innovativ analyse av data fra elektroniske pasientjournaler
- Maskinlæring og kunstig intelligens for deteksjon av postoperativt delirium

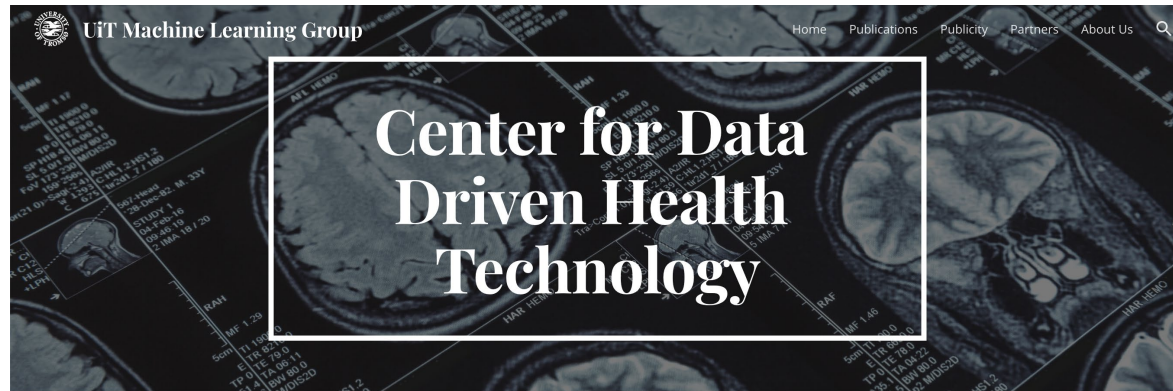


# UiT Machine Learning Group

Pushing the frontier

~25 Group Members / [machine-learning.uit.no](http://machine-learning.uit.no)





⇒ The Center for Data Driven Health Technology is a inter-disciplinary research center, spearheaded by the UiT Machine Learning group and funded by the UiT Thematic Initiative 2018–2022, which aims to advance health technology to the benefit of practitioners and the general public.



Electronic Health Records

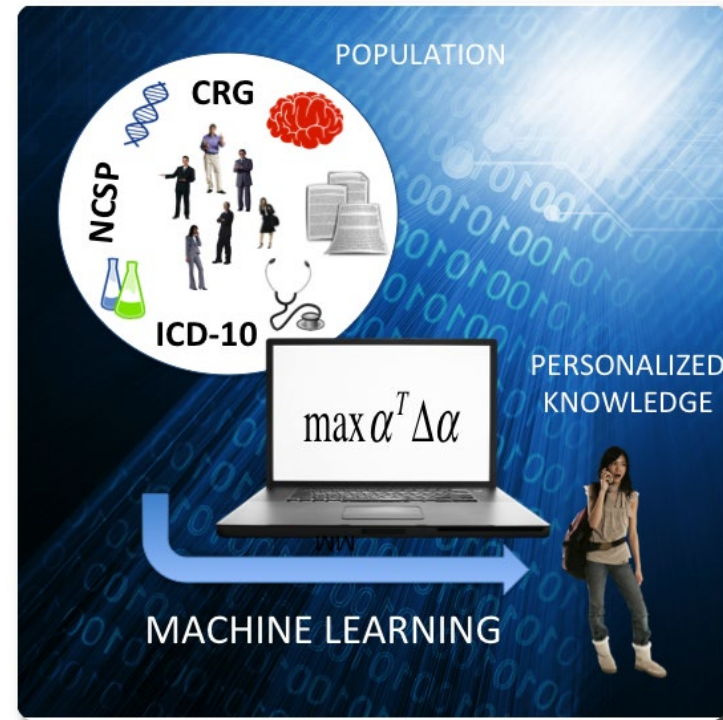
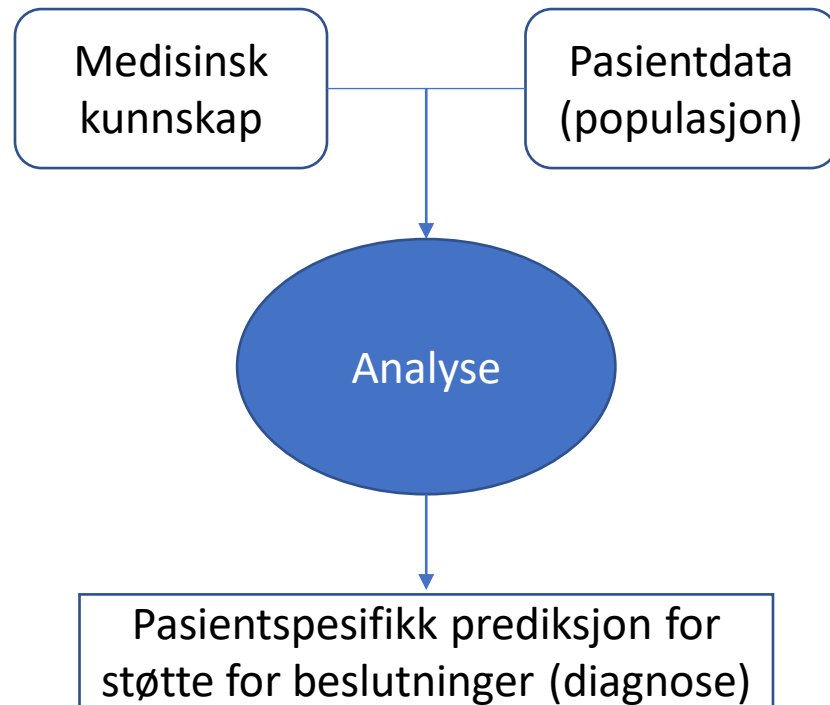


Diabetes Control Systems



⇒ Medical Image Analysis

# Beslutningsstøtte – elektroniske pasientjournaler (EPJ)



**Maskinlæring og kunstig intelligens for analyse av komplekse pasientdata**



[Forside](#) > [Avdelinger](#) > [Kirurgi-, kreft- og kvinnehelseklinikken](#) > [Gastrokirurgisk avdeling, Tromsø](#)

# Gastrokirurgisk avdeling, Tromsø

Pasienter fra nordre Nordland, Troms og Finnmark med akutte og kroniske sykdommer i fordøyelsessystemet utredes og behandles ved gastrokirurgisk avdeling i Tromsø.



## Gastrokirurgisk avdeling, Tromsø

Pasienter med krefttilstander i fordøyelsesorganer behandles i henhold til den nasjonale pakkeforløpsordningen og regional kreftplan i Helse Nord.

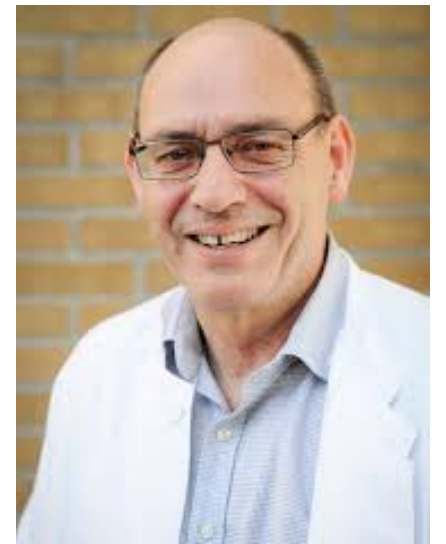
Pasientskoler for pasienter operert i fordøyelsessystemet driftes av sykepleiere fra avdelingen og Lærings- og mestringssentret i UNN.

Avdelingen har selvstendig utdanningsansvar for legespesialister.

Rolv-Ole Lindsetmo



Arthur Revhaug

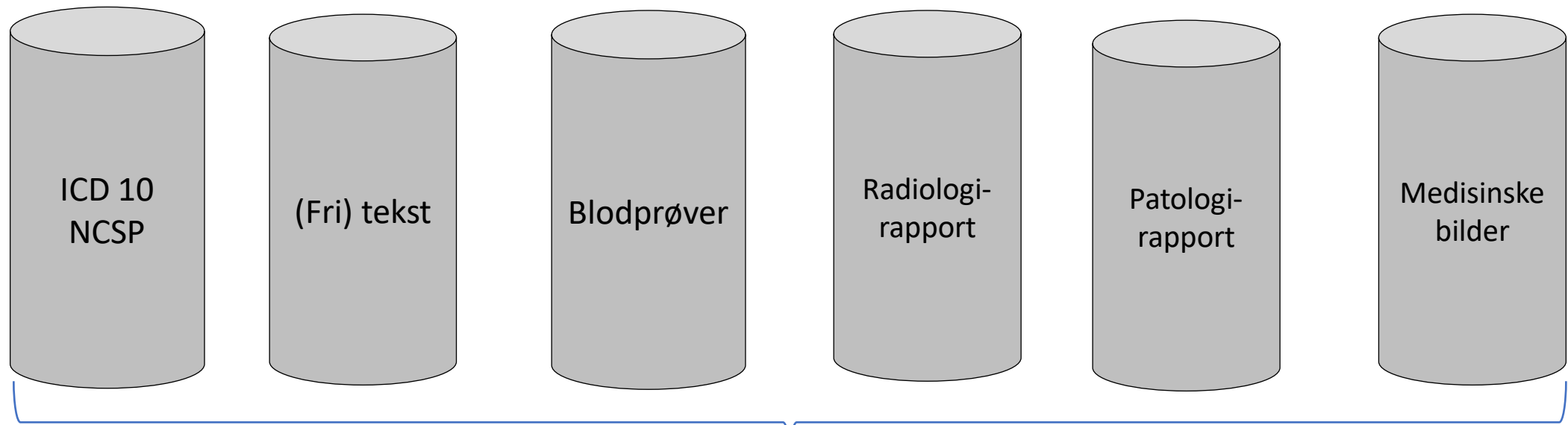




# Kvalitetssikringsprosjektet QUAKE (Rolv-Ole Lindsetmo) PVO, REK



:



Heterogene pasientdatakilder - EPJ!

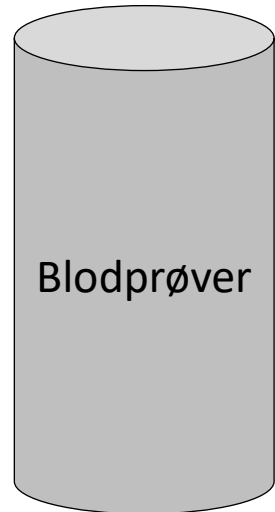


# Diagnosekoder, prosedyrekoder

Starttid	Sluttid	Omsorgsnivå	Oppholdstype	Avdeling	HovedDiagnose	BiDiagnose	ProsedyreKode	Prosedyre	ProsedyreStart
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk	J960		-1 GBGC10	Endotrakeal intubasjon	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk	J960		-1 GXAV01	Respiratorbehandling INA	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 F112	GBGC10	Endotrakeal intubasjon	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 F112	GXAV01	Respiratorbehandling INA	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 F1305	GBGC10	Endotrakeal intubasjon	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 F1305	GXAV01	Respiratorbehandling INA	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 T4n	GBGC10	Endotrakeal intubasjon	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 T4n	GXAV01	Respiratorbehandling INA	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 X6n9	GBGC10	Endotrakeal intubasjon	15.06.2012 06:06
15.06.2012 05:06	16.06.2012 02:06	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 X6n9	GXAV01	Respiratorbehandling INA	15.06.2012 06:06
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk	F0181		-1 A-leti	Tilsyn lege akuttmottaket	15.01.2012 02:01
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk	F0181		-1 A-tri	Triage akuttmottaket	15.01.2012 02:01
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 E86	A-leti	Tilsyn lege akuttmottaket	15.01.2012 02:01
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 E86	A-tri	Triage akuttmottaket	15.01.2012 02:01
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 F412	A-leti	Tilsyn lege akuttmottaket	15.01.2012 02:01
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 F412	A-tri	Triage akuttmottaket	15.01.2012 02:01
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 I48	A-leti	Tilsyn lege akuttmottaket	15.01.2012 02:01
15.01.2012 02:01	17.01.2012 10:01	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk		-1 I48	A-tri	Triage akuttmottaket	15.01.2012 02:01
09.03.2012 05:03	09.03.2012 11:03	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk	F059		-1 A-leti	Tilsyn lege akuttmottaket	09.03.2012 07:03
09.03.2012 05:03	09.03.2012 11:03	Vanlig innleggelse	Heldøgn	Medisinsk klinikk	F059		-1 A-tri	Triage akuttmottaket	09.03.2012 06:03
23.11.2012 10:11	23.11.2012 11:11	Poliklinisk omsorg		-1 Gastrokirurgisk avdeling	K439		-1		-1
08.02.2012 09:02		Poliklinisk omsorg		-1 Gastrokirurgisk avdeling		-1	-1		-1
23.02.2012 09:02		Poliklinisk omsorg		-1 Medisinsk klinikk		-1	-1		-1
04.05.2012 08:05	04.05.2012 08:05	Poliklinisk omsorg		-1 Medisinsk klinikk	E119		-1 A0099	Grupperettet pasientopplæring	04.05.2012 12:05
04.05.2012 08:05	04.05.2012 08:05	Poliklinisk omsorg		-1 Medisinsk klinikk	E119		-1 WPCK00	Lærings- og mestringsaktivitet ved	04.05.2012 12:05
04.05.2012 08:05	04.05.2012 08:05	Poliklinisk omsorg		-1 Medisinsk klinikk	E119		-1 ZWWA30	Prosedyre rettet mot en gruppe av	04.05.2012 12:05
25.07.2012 09:07	25.07.2012 09:07	Poliklinisk omsorg		-1 Medisinsk klinikk	R700		-1 RXFT00	Mikroskopi av blodutstryk	25.07.2012 12:07

Rød: Hoveddiagnose. Blå: Sekundærdiagnose. Gul: Prosedyrekode.

# Blodprøver



02.08.2012 07:30	Basofile	< 0,1
02.08.2012 07:30	Basofile%	< 1
02.08.2012 07:30	Monocyttter	0,6
02.08.2012 07:30	Urinstoff	5,5
02.08.2012 07:30	Kreatinin	88
02.08.2012 07:30	CRP	125 *
02.08.2012 07:30	SR	Se komm.
02.08.2012 07:30	Eosinofile%	2
02.08.2012 07:30	Maskinell diff	
02.08.2012 07:30	Neutrofile%	68
02.08.2012 07:30	Hemoglobin	9,0 *
02.08.2012 07:30	Leukocytter	5,1
02.08.2012 07:30	Lymfocytter	0,9
02.08.2012 07:30	Monocyttter%	12
02.08.2012 07:30	Neutrofile	3,5
02.08.2012 07:30	Lymfocytter%	17 *
02.08.2012 07:30	PT-INR	1,2 *
02.08.2012 10:07	CRP	119 *
02.08.2012 10:07	Leukocytter	5,3
02.08.2012 10:07	Blodkultur prøvetakning	IKKE DEB
02.08.2012 10:07	RH	POS
02.08.2012 10:07	Irreg.IgG antistoffer	NEG
02.08.2012 10:07	Forlik (blodtyping og screening)	
02.08.2012 10:07	AB0	A
02.08.2012 10:07	Blod-Bakterie dyrkning	NEGATIV
02.08.2012 10:07	Dyrkning aerob . Blod	NEGATIV
02.08.2012 10:07	Dyrkning anaerob . Blod	NEGATIV
03.08.2012 07:30	Natrium	139
03.08.2012 07:30	Kalium	4,6 *
03.08.2012 07:30	Kreatinin	123 *
03.08.2012 07:30	Hemoglobin	9,4 *
03.08.2012 07:30	Leukocytter	5,2
03.08.2012 07:30	CRP	115 *
01.08.2012 13:00	CRP	228 *

# Sykepleiernotater

dd.mm.yy Spl. notat dag, Gastrokirurgisk avdeling, post MENA,  
Narvik, Name Name/XXddX

01. Kommunikasjon og sanser:

02. Kunnskap/Utvikling/Psykisk: Klar og orientert, men veldig trøtt. Har nummenhetfølelse på hele høyre side, men spesielt i høyre hånd.

Synes det er ubehagelig og blir svimmel når hun har øynene åpne.

03. Respirasjon/Sirkulasjon: Ubesvåret respiratorisk. SaO<sub>2</sub> 94-98% uten O<sub>2</sub> tilførsel. Har noe nedsatt hostekraft. Blåser i Pep-fløyte.

Har sinustachycardi 95-120. Blodtrykk 150/90. Temp 36,5 i øret.

04. Ernæring/Væske/Elektrolyttbalanse: Har noe svelgvansker. Svelgte vrangt en gang på morgenen. Satt da på sengekanten. Synes selv det er vanskelig å svelge. Drukket et glass vann. Fått iv 1000 ml Rehydrex, 1000 ml NaCl 9 mg/ml og 1000 ml Glucasel pågår.

05. Eliminasjon: Tilfredstillende diurese.

Har hatt luftavgang men sparsomt med tarmlyder.

06. Hud/Vev/Sår:

07. Aktivitet/Funksjonsstatus: Vært på sengekanten to ganger. Har muligens falltendens mot høyre.

08. Smerte/Søvn/Hvile/Velvære: Er veldig trøtt. Benekter smerter.

09. Seksualitet/Reproduksjon:

10. Sosialt/Planlegging av utskrivelse: Mann har vært på besøk. Han har også snakket med dr Pedersen per telefon.

11. Åndelig/Kulturelt:

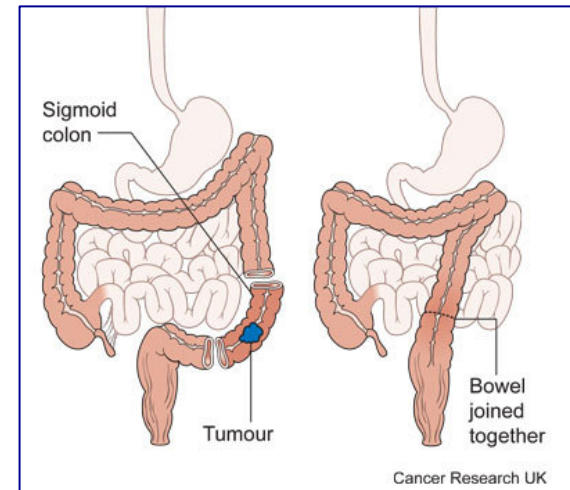
12. Annet/Legedelegerte aktiviteter og observasjoner:

# Postoperative komplikasjoner

Anastomoselekkasje

Sårinfeksjon

Postoperativ delirium



- En stor del av høyrisikable kirurgiske inngrep fører til en form for komplikasjon innen 30 dager
- Stor byrde for pasienter og pårørende. Store merkostnader for helsevesenet

# Tverrfaglig EPJ-forskning



Nasjonalt senter for  
**e-helseforskning**



# Tverrfaglig EPJ-forskning

Support vector feature selection for early detection of anastomosis leakage from bag-of-words in electronic health records  
 IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics

Maximizing Interpretability and Cost-Effectiveness of Surgical Site Infection (SSI) Predictive Models  
 Computer Methods and Programs in Biomedicine

Predicting colorectal surgical complications using heterogeneous clinical data and kernel methods  
 Journal of Biomedical Informatics

Using multi-anchors to identify patients suffering from multimorbidities  
 Proc. IEEE Bioinformatics and Biomedicine

Data-driven temporal prediction of surgical site infection  
 Proc. AMIA

Using anchors from free text in electronic health records to diagnose postoperative delirium  
 Computer Methods and Programs in Biomedicine



2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

Helse-Nord (forsker + postdoc)  
 (Skrøvseth)

UiT PhD  
 (Jenssen, Skrøvseth)

Helse-Nord (forsker)  
 (Jenssen)

UiT Centre for Data-Driven Health Technology (10 MNOK)  
 (Jenssen)

SFI Tromsø Telemedicine Laboratory  
**QUAKE: Quality control of medical performance with unstructured EMR data**  
 (Augestad)

# Finner risikopasienter



Forvirring er en vanlig komplikasjon blant eldre pasienter etter narkose og operasjon. «Postoperativt delirium» er ofte vanskelig å finne.

## FRANK JOHNSEN

frank.johnsen@cw.no

Publisert: tirsdag 28. mai 2019, kl. 11:25 • Endret: 28. mai 2019, kl. 11:27



I Tromsø er maskinlæring tatt i bruk for å identifisere pasienter som kan være utsatt. Til tider er pasienten tydelig forvirret, og dette kodes som en egen diagnose i pasientjournalen. Men ofte kan tegnene på forvirring være diffuse og oppdages ikke av helsepersonellet. Likevel blir alle observasjoner av pasienten dokumentert, spesielt av sykepleierne.

– Vi lurte på om vi kunne bruke kunstig intelligens og datakraft til å analysere dokumentasjonen i pasientjournalen, og se om den klarte å plukke ut pasienter med en



**Best Paper Award**

International  
Medical Informatics  
Association

E-helse

IT-BRANSJEN

COMPUTERWORLD

MACWORLD

COMPUTERWORLD

# Postoperativt delirium (PD)

- «Acute confusional state»

Delirium gir økt komplikasjonsrisiko og er vist å være en selvstendig risikofaktor for død, demens, tap av funksjon i dagliglivets aktiviteter (Activities of Daily Living, ADL)



# Postoperativt delirium

- PD opptrer ofte for pasienter som har omfattende kirurgiske inngrep
- Underrapportert

## **Kan vi identifisere PD fra pasientdata?**

- Tekst (sykepleiernotater, operasjonsnotater, radiologirapporter)
- Andre EPJ-data: Alder, kjønn, etc

# Har ikke god «gullstandard»

- Klinikers manuelle «merkelapp» på den enkelte pasient (PD/Ikke-PD)
- Brukes tradisjonelt av maskinlæring og AI for pasientdataanalyse
- Krever store ressurser og skaper store utfordringer!



# Innovativ analyse

- Vi gjør noe annet: kliniske «ankre»
- En observasjon som med sikkerhet medfører en diagnose

Positiv bakterieprøve fra halsen («streptest»)  
→ Halsbetennelse med streptokokker



Ikke-positiv streptest  
→ Vet ikke om det er halsbetennelse med streptokokker



Positiv streptest er et anker for halsbetennelse med streptokokker

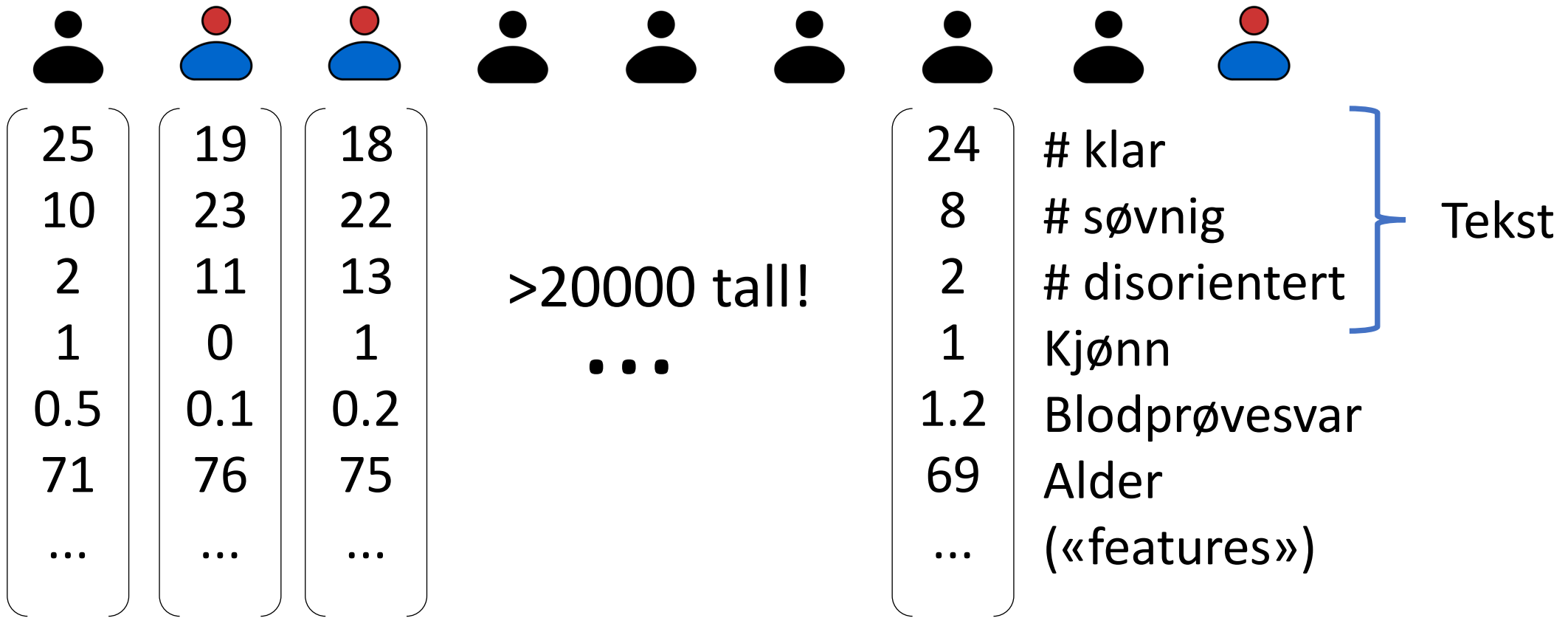
# Ord som kliniske ankre for PD

- Sykepleiernotater for å finne ankre i form av ord!
  - ✓ Klinisk kunnskap
  - ✓ Semi-strukturert
  - ✓ Tre ganger daglig
- Ikke opplagt hva slike ankre kan være...
- Hvorfor ønsker vi å identifisere slike ankre?



# Finne datamønstre for PD i EPJ !

De med farger har anker

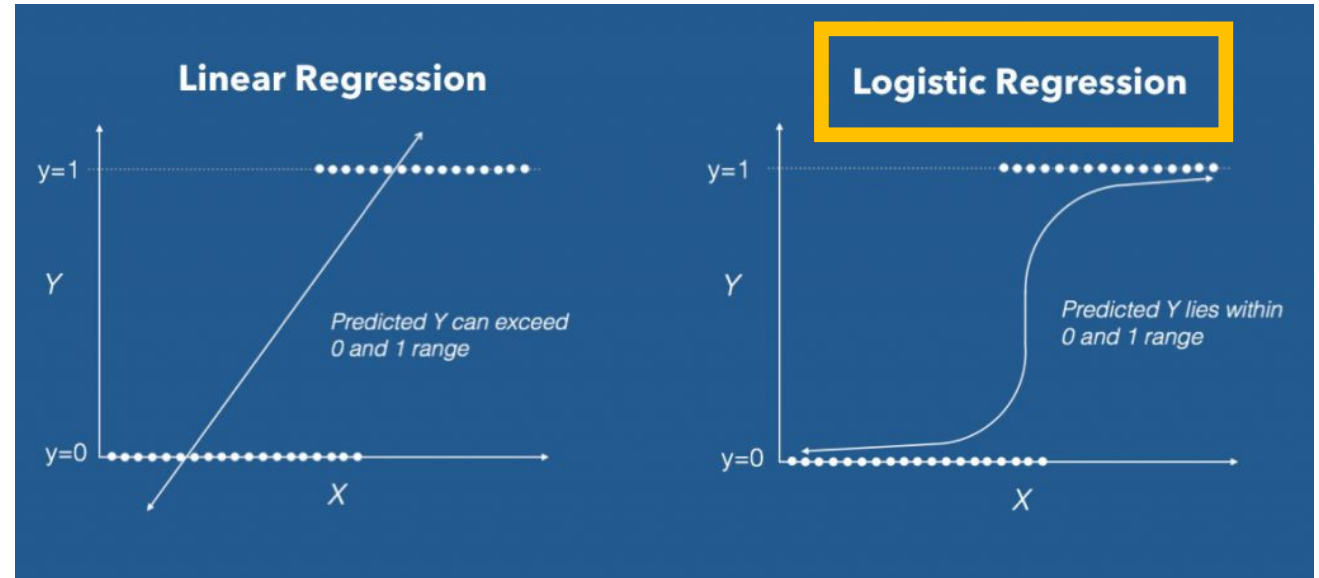


➔ Maskinlæring og kunstig intelligens – mye enklere!

# Maskinlæringen

machinelearningplus.com

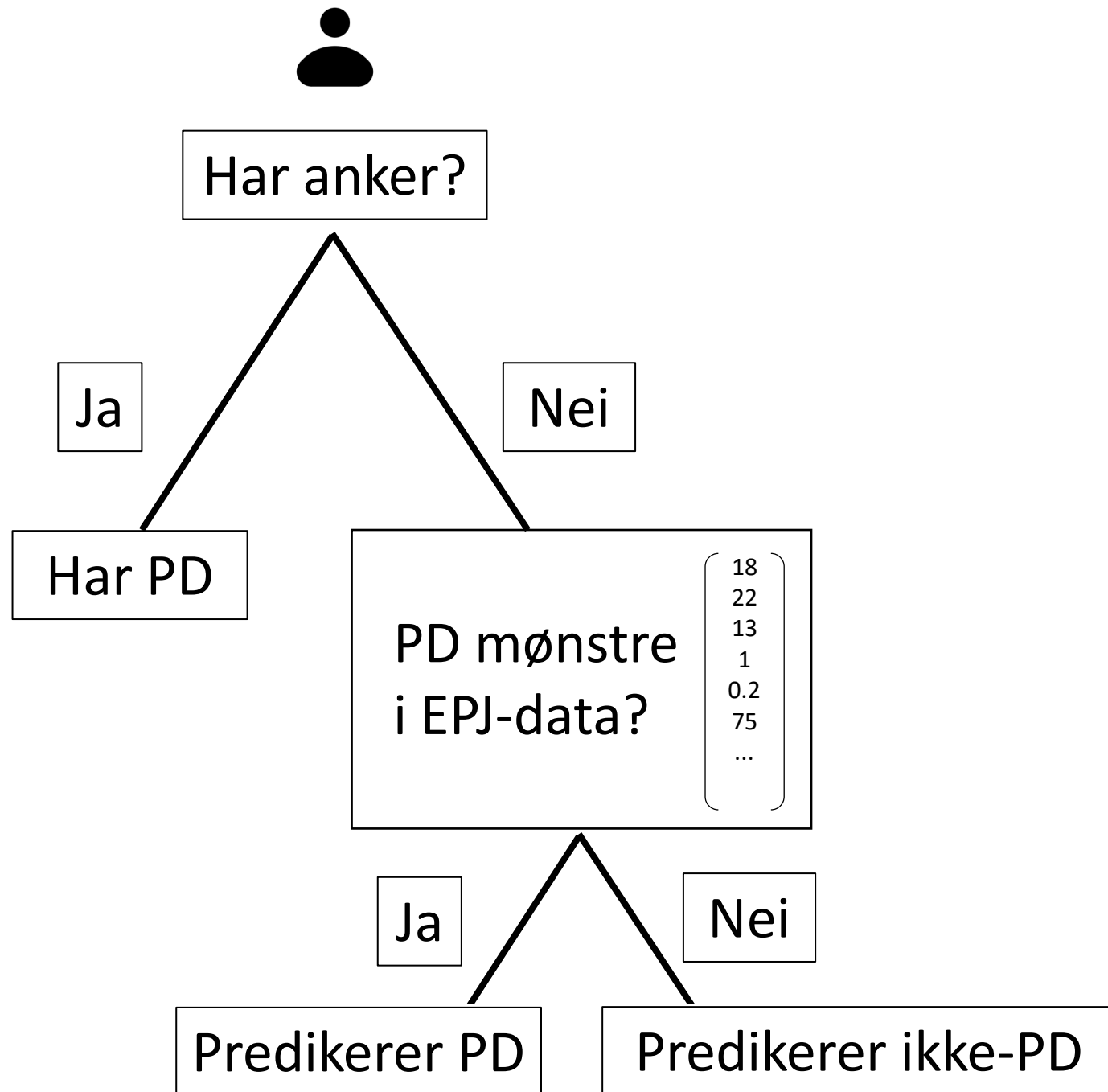
- «Trene» prediktor
- Enkelt tolkbar
- Feature selection
- Spesielt «neuron»



funksjon  $(w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 \dots)$

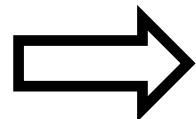
$w_i$  : ukjente vektvariabler  
 $x_i$  : data fra EPJ
 }  $i = 1, 2, \dots$

# Operasjonelt



# Finne PD ankre

- Også her er maskinlæring viktig!
- Vi finner grupper av pasienter der hver pasient er representert vha tekst fra sykepleiernotatene (bag-of-words)
- Kalles klynging (clustering)
- Pasientgruppene *visualiseres*, og klinikerne analyserer de mest karakteriserende ordene for gruppa som svarer hovedsaklig til PD og foreslår et anker (eller flere)



Helt ny måte å definere ankre



# Finne PD ankre

## Nurses note

dd.mm.yy Spl. notat dag, Gastrokirurgisk avdeling, post MENA, Narvik, Name Name/XXddX

01. Kommunikasjon og sanser:  
02. Kunnskap/Utvikling/Psykisk: Klar og orientert, men veldig trøtt. Har nummenhetfølelse på hele høyre side, men spesielt i høyre hånd. Synes det er ubehagelig og blir svimmel når hun har øynene åpne.  
03. Respirasjon/Sirkulasjon: Ubesvært respiratorisk. SaO2 94-98% uten O2 tilførsel. Har noe nedsatt hostekraft. Blåser i Pep-fløyte. Har sinustachycardi 95-120. Blodtrykk 150/90. Temp 36,5 i øret.  
04. Ernæring/Væske/Elektrolyttbalanse: Har noe svelgvansker. Svelgte vrangt en gang på morgenen. Satt da på sengekanten. Synes selv det er vanskelig å svelge. Drukket et glass vann. Fått iv 1000 ml Rehydrex, 1000 ml NaCl 9 mg/ml og 1000 ml Glucasel pågår.  
05. Eliminasjon: Tilfredstillende diurese. Har hatt luftavgang men sparsomt med tarmlyder.  
06. Hud/Vev/Sår:  
07. Aktivitet/Funksjonsstatus: Vært på sengekanten to ganger. Har muligens falltendens mot høyre.  
08. Smerte/Sevn/Hvile/Velvære: Er veldig trøtt. Benekter smerter.  
09. Seksualitet/Reproduksjon:  
10. Sosialt/Planlegging av utskrivelse: Mann har vært på besøk. Han har også snakket med dr Pedersen per telefon.  
11. Åndelig/Kulturelt:  
12. Annet/Lege delegerte aktiviteter og observasjoner:

Chosen using domain knowledge.

## Surgical operation note

DD.MM.YY Operasjonsbeskrivelse, Gastrokirurgisk avdeling, TITTEL NAVN/XXXXX

Diagnose:  
K80.2 Gallesten uten galleblærebetennelse

Pasienten har hatt flere gallestensanfall og har hatt cholecystitt - tilfellet 2 ganger. Han er plaget av sine gallestenes og det er indikasjon for operativ behandling. Han har hatt forhøyede staseparametre, men disse har vært normale bortsett fra bilirubin på 30 - altså noe forhøyet ved denne innleggelsen. Det gjøres i narkose

JKA21 Laparoskopisk cholecystektomi (NAVNAV/NAVNAV)

Standard plassering av troacarer og fri bukhulen. Han har en liten, skrumpen galleblære som er preget av gjennomgått cholecystitt. Leser ut fundusregionen og kommer ned på noe vi oppfatter som en dilatert choledochus. Cysticus kan greit frigjøres sammen med arteria cystica og begge avsettes med doble klips proximalt og et klips distalt. Begynner så å lese ut galleblæren, som særlig i fundusregionen sitter helt sammensmeltet med levervevet og vi må her skjære oss skarpt gjennom. Får etterhvert galleblæren løs. Det blir litt gallelekkasje fra galleblæren, men dette skylles og suges opp.

Vi velger å ikke konvertere pasienten for å gjøre åpen cholangiografi, men bestiller en postoperativ MRCP til i morgen. Skulle det vise seg at han har distale konkrementer i choledochus vil vi da gjøre en ERCP i løpet av de kommende dager.

Operasjonsfeltet er tørt. Galleblæren trekkes ut gjennom en av 12 mm troacarene. Den klippes opp og det er ikke stener i galleblæren nå. Går til histologisk undersøkelse.

## Semistrukturert: Punktene 1 og 2

## Radiology report

NAVN, NAVN Født: dd/mm/yy DDDDD Rekv.uid: DDDDDDD DDDDDDD  
(dd/mm/yy HH:MM KODE KODE ) KODE KODE/KODE

Rekvirent: NAVN, NAVN, UNIVERSITETSSYKEHUSET NORD-NORGE HF

Klinisk Problemstilling:

fraktur i tå? Har sparket i en sofa med et uhell. Lilletå og oppover fotrot er blålig misfarget og svært smertefull ved undersøkelse. Ønsker frontalt og sidebilde.

Hva er ønsket utført: Tær (RGPS [SIN])

Beskrivelse:

VENSTRE FOT: Ingen påvist skjelettskade.

## Doctor's note

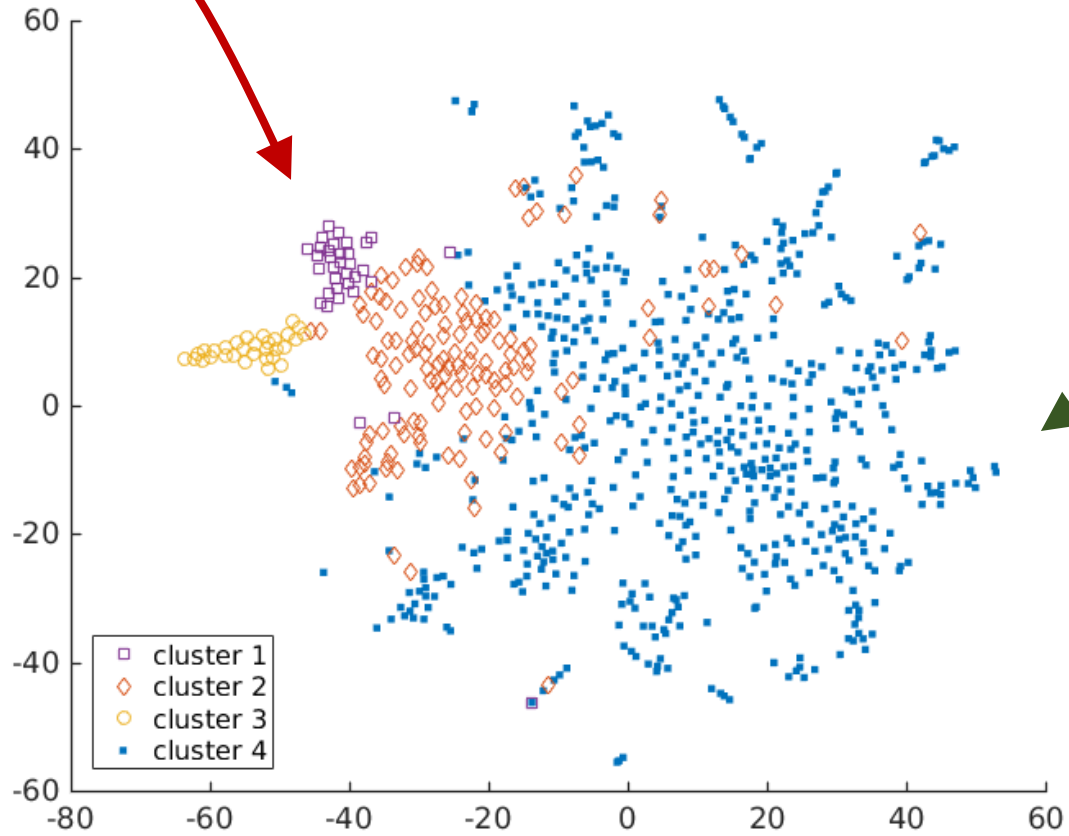
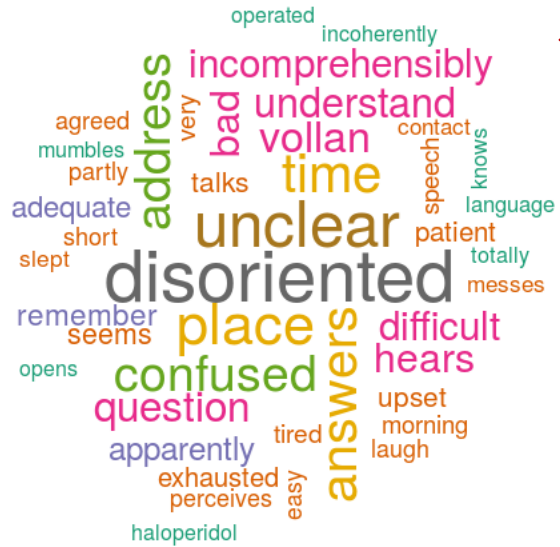
17.04.11 Journalnotat, Gastrokirurgisk avdeling, Gastrokirurgi, OBTR, Tromsø, TITTEL NAVN/XXDDX

Afebril. Normale hvite, crp 16 idag. Normal CT urinveier igår. Fortsatt tidvis kraftige smerter. Ved us er han bløt i buken, men perk øm på hø side, særlig under hø costalbu. God AT

Det er ikke samsvar mellom pas smerter, ømhet og andre kliniske, biokjemiske funn pre eller postopr. Ingen mistanke om cholecystitt eller peropr tarmporforasjon. Gallestensmerter forklarer ikke pas ømhet. Nyresten ikke påvist.

Overflyttet til sengepost. Kontroll av blodprøver imorgen. Ikke faste. Settes på fast po analgetika med paracet og tramadol.

# Finne PD ankre



Klinisk kunnskap!

# Predikere PD

- Maskinlæringen: EPJ-data fra 830 pasienter med omfattende kirurgi i bukpartiet
- Testing av systemet: 308 pasienter der kliniker manuelt sjekket for PD, delvis basert på OSLA (Observational Scale of Level of Arousal)
- Positive: 24, negative 284
- Evaluering: Area Under Curve (AUC) – Precision/recall

# Predikere PD

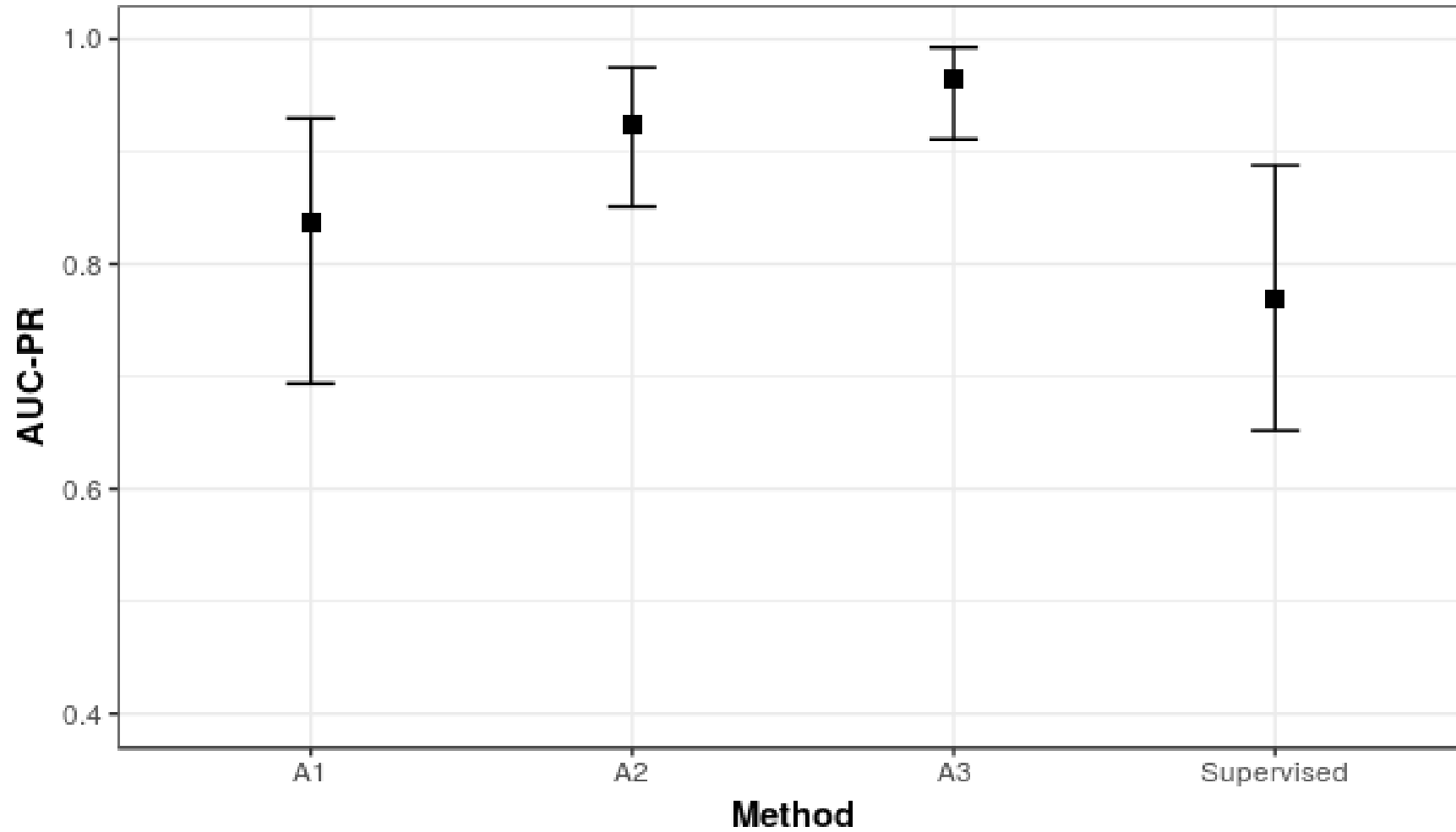
Ankre som metoden/kliniker foreslo:

$A_1$ : confused\*

$A_2$ : confused\*  $\cup$  disoriented\*

$A_3$ : confused\*  $\cup$  disoriented\*  $\cup$  unclear\*

# Lovende resultater



# Faktisk beslutningsstøtte

- Lage prototyp
- Teste ut kontrollert
- Kan det brukes som hjelp til beslutningsstøtte i praksis?

# Spennende tider i vente

- Datadrevet helseteknologi
- Medisinske, etiske, og juridiske vurderinger
- Viktig at Norge er med på utviklingen

# Takk til!

- Karl Øyvind Mikalsen
- Arthur Revhaug
- Rolv-Ole Lindsetmo
- Stein Olav Skrøvseth
- Mads Gran
- Cristina Soguero Ruiz
- Kristian Hindberg
- Knut Magne Augestad
- Kasper Jensen
- Fred Godtliebsen