

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET
Institutionen för hälsovetenskap

Kartlegging av det tidlige behandlingsforløpet hos pasienter med cervical ryggmargsskade

**En retrospektiv kohortstudie med fokus på lungefunksjon og
risikofaktorer for intubasjon.**

Kenneth Lytts

SJUKGYMNASTIK

D-uppsats, 10 p

Vårterminen 2006

Handledare: Vibeke Graver, Forsker II, Dr. Philos, Spesialfysioterapeut

Bihandledare: Per Kvandal, Overlege på Intensivavdelingen

English title: Acute cervical spinal cord injury. A retrospective cohort study focusing on respiratory function and predictors of intubation during the early phase of hospitalization.

Abstrakt

Bakgrunn: Pasienter med akutt cervical ryggmargsskade får ofte nedsatt lungefunksjon og pådrar seg lungekomplikasjoner. En stor andel pasienter trenger intubasjon og respiratorbehandling. De fleste pasienter trenger mye fysioterapi og det er en ufordrende pasientgruppe. Vi tror at økt kunnskap om behandlingsforløpet vil bidra til å optimalisere lungefysioterapien til denne pasientgruppen. Hensikten med denne retrospektive kohortstudien var å gjøre en generell kartlegging av det akutte behandlingsforløpet til pasientgruppen, med fokus på lungefunksjon. Vi ønsket å kartlegge hvor mange pasienter med cervicale ryggmargsskader som ble intubert, fikk pneumoni, og hvor mange som døde. Vi ønsket også å kartlegge risikofaktorer for intubasjon, pneumoni og død.

Materiale og Metode: Studien ble utført som et kvalitetssikringsarbeid ved Nevrokirurgisk Avdeling, Ullevål Universitetssykehus (UUS). Pasienter innlagt på sykehuset i perioden 2001-2004 med akutt traumatisk cervical ryggmargsskade ble inkludert. Pasientdata ble hentet fra Traumeregisteret ved UUS og fra de elektroniske pasientjournalene. Anamnesticke bakgrunnsfaktorer og kliniske variabler som kunne ha betydning for lungefunksjonen, blant andre om skaden var komplett eller ukomplett, nevrologisk skadenivå, bevissthetsnivå (Glasgow Coma Score, GCS) og skadeomfang (Injury Severity Score, ISS) ble registrert. I statistiske analyser ble risikofaktorer med hensyn til intubasjon, pneumoni og død undersøkt.

Resultat: Materialet bestod av 64 pasienter. Åtti prosent var menn. Gjennomsnittsalderen totalt sett var 49 ± 21 år. Tjueto (34,4 %) pasienter ble intubert. Det var signifikant flere multitraumatiserte pasienter (høy ISS skår) ($p < 0.001$), flere pasienter med hjerneskade ($p < 0.001$), lavere GCS ($p < 0.001$) og komplett ryggmargsskade ($p < 0.001$) i gruppen som ble intubert sammenlignet med gruppen som ikke ble intubert. Femten pasienter (23 %) hadde pneumoni. Komplet skade ($p = 0,003$), hjerneskade ($p = 0,02$), thoraksskade ($p = 0,01$), bekkenskade ($p = 0,01$), og høy (ISS) ($p = 0,005$) var assosiert med pneumoni. Elleve pasienter (17,2 %) døde i løpet av de første 30 dager etter traumet. Faktorer assosiert med død var hjerneskade ($p = 0,003$), lav GCS ($p < 0,001$), thoraksskade ($p = 0,01$), høy ISS ($p < 0,001$), nevrologisk skadenivå over C5 ($p = 0,04$) og komplett skade ($p = 0,03$). Hovedparten av de

intuberte pasientene som overlevde ble overflyttet til lokalsykehus før de kunne reise til Sunnaas Sykehus for rehabilitering. Flere antatt viktige variabler av betydning for lungekomplikasjoner og intubasjon var mangelfullt beskrevet i pasientjournalene.

Konklusjon:

Denne retrospektive kohortundersøkelsen av pasienter med akutte cervicale ryggmargskader viste blant annet at, komplett ryggmargsskade, tilleggsskader og hjerneskade var forbundet med lungekomplikasjoner og intubasjon. Det er viktig at fremtidige studier om dette temaet gjøres prospektivt, slik at viktige variabler med hensyn til lungekomplikasjoner og intubasjon blir registrert på en tilfredsstillende måte.

Nøkkelord: ryggmargsskader, tetraplegi, intubasjon, ventilasjon, respiratorbehandling, lungefysioterapi

Innledning

Skader på ryggmargen kan oppstå når ytre krefter fører til unaturlige bevegelsesutslag i columna eller ved penetrerende skader. Ved større dislokasjoner kan det oppstå total overriving av ryggmargen. Ryggmargsskader deles inn i komplette eller inkomplette skader og man angir i hvilket nivå ryggmargen er skadet. En skade i nakken gir lammelser både i armer og ben og betegnes tetraplegi. En skade i bryst- eller lenderygg gir lammelser i ben og betegnes paraplegi (1).

Prognosen for pasienter med ryggmargsskader var dårlig frem til slutten av 1900-tallet. Dødeligheten for pasienter med tetraplegi var på 1960-tallet 35 prosent, ifølge Grundy & Swain (2). Den senere tiden har man sentralisert behandlingen av pasienter med ryggmargsskade for å redusere mortaliteten og bedre livskvaliteten til dem som overlever. Frankel med flere (3) oppga en overlevelse på 92,3 prosent i Storbritannia på slutten av 90-tallet. Skader på høyt nivå, høy alder og mer komplett skade hadde sammenheng med større dødelighet. Den største årsaken til død var respiratoriske komplikasjoner. I en undersøkelse fra 1993 fra USA hadde de som overlevde de første 24 timene en levetid på 85 prosent av forventet levetid til den generelle befolkningen (4).

I Norge finnes det tre ryggmargsskadeenheter som tar seg av pasienter med ryggmargsskader. Ullevål Universitetssykehus i Oslo (UUS), i samarbeid med Sunnaas Sykehus, har ansvar for Helseregion Øst og Sør, med til sammen ca 2,6 millioner innbyggere, og behandler hvert år litt over 50 % av alle nye ryggmargsskader i Norge. UUS tar seg av akutt hospitalhåndtering og Sunnaas Sykehus tar seg av rehabiliteringen (5).

Forekomsten av nye traumatiske ryggmargsskader i Norge har de siste årene variert mellom 10 og 20 nye skader per million innbyggere per år. I 2001 var antallet nye skader i Norge 73, eller 16 per million innbyggere. Det er hovedsakelig menn som skader seg. Hovedårsaken er fall og trafikkulykker. Femti prosent av ryggmargsskadene innlagt ved Haukeland Sykehus i perioden 1952-1999 besto av cervicale ryggmargsskader (6;7).

Lungefunksjonene er utsatt ved cervicale ryggmargsskader. Diafragma innerveres fra de cervicale nivåene C3-C5, hovedsakelig fra C4, og skader over dette nivå vil gi respirasjonsstans. Ved skader i nakken under C4-nivå er diafragmafunksjonen intakt, men intercostalmuskulaturen er lammet. Dette gir et abdominalt eller paradoksalt

respirasjonsmønster, hvor en ung og bevegelig thoraks faller noe sammen istedenfor å utvides på inspirasjon. I tillegg er hostekraften kraftig redusert grunnet bortfall av abdominalmuskelfunksjon. Resultatet er nedsatt inspiratorisk og ekspiratorisk kapasitet og hypoventilasjon, som i sin tur leder til atelektaser og pneumonier. Pasientene har også dårligere respiratorisk respons på karbondioxidretensjon (CO_2), de savner spontan sukk, og 20% av pasientene får også bronchial hypersekresjon (8;9). Lungefunksjonen er dårligst i den akutte fasen når pasientene befinner seg i såkalt spinalt sjokk med atonisk muskulatur. Den bedrer seg når brystkassen etter hvert stivner. Antallet respiratordøgn og intensivdøgn øker signifikant for pasienter med ryggmargsskader som pådrar seg lungekomplikasjoner (1;9-11).

Pasienter med cervicale ryggmargsskader er en liten pasientgruppe, siden de er ganske få per år, men det er en meget ressurskrevende og utfordrende pasientgruppe. Pasientene får mye fysioterapi i den akutte fasen av sykehusoppholdet. En del av pasientene er intubert på skadestedet og puster med respiratorhjelp når de blir henvist til fysioterapi. En del pasienter er selvpustende ved fysioterapistart. Noen av de selvpustende pasientene blir dårlige respiratorisk og ender opp med intubasjon og respiratorbehandling. Et av hovedmålene for fysioterapien til de selvpustende pasientene er å prøve å forhindre respiratoriske komplikasjoner og unngå intubasjon. Claxton (12) viste at store atelektaser og mye sekret øker risikoen for intubasjon. Han trakk konklusjonen at tiltak rettet mot prevensjon og behandling for å motvirke sekretretensjon kan redusere behovet for intubasjon. McMichan viste i en mindre studie (13) at aggressiv lungefysioterapi gir en signifikant lavere mortalitet.

Siden fysioterapeutene på UUS er involvert i kragebehandling kommer vi inn tidlig til denne pasientgruppen. Når vi tilpasser nakkekrage, har vi også mulighet til å vurdere behov for lungefysioterapi og starte tiltak. Fysioterapitiltakene vi bruker for å unngå atelektaser, sekretstagnasjon, pneumoni og intubasjon består av dype pusteøvelser, Positive Expiratory Pressure (PEP), Continuous Positive Airwaypressure (CPAP), stillingsforandringer, leiedrenasje, thoraxmobilisering og hostestøtte. Noen ganger må trachealsuging til for å evakuere sekret. Metodene vi bruker er godt beskrevet i litteraturen for behandling av tetraplegiske pasienter, blant annet av Pryor (10).

Vi tror at økt kunnskap om behandlingsforløpet vil bidra til å optimalisere lungefysioterapien til denne pasientgruppen. Siden vi ikke hadde noe tallmateriale over hvor mange pasienter med akutt cervical ryggmargsskade som får lungekomplikasjoner og hvor mange som blir

intubert på Ullevål Universitetssykehus, var hensikten med denne retrospektive kohortstudien å gjøre en generell kartlegging av det akutte behandlingsforløpet til pasientgruppen, med fokus på lungefunksjon. Vi ønsket å kartlegge hvor mange pasienter med cervicale ryggmargsskader som blir intubert, får pneumoni, og hvor mange som dør. Vi ønsket også å kartlegge risikofaktorer for intubasjon, pneumoni og død.

Materiale og metode

Vi utførte en retrospektiv kohortstudie. Materialet for studien bestod av pasienter innlagt på UUS med diagnosen S14: Skade på nerver og ryggmarg (medulla spinalis) i halsregionen. Pasienter fra en fireårsperiode, årene 2001-2004, ble inkludert. Den aktuelle diagnosegruppen inkluderer også skader på perifere nerver i halsregionen, men pasienter med disse diagnosene ble ekskludert. På basis av opplysninger fra Traumeregisteret ble journalene til 94 pasienter gjennomgått. Sytten pasienter ble ekskludert grunnet manglende opplysninger i elektronisk journal. Disse pasientene ble innlagt i de første ni måneder i år 2001, da elektronisk journal ennå ikke var innført på sykehuset. Videre ble fire pasienter som ble behandlet på barnesenteret ekskludert. Likeså ble ni pasienter som ved journalgjennomgang ble funnet å ikke ha cervical ryggmargsskade ekskludert. Materialet besto derfor av 64 pasienter, alle med akutt traumatisk cervical ryggmargsskade.

Studien ble gjort som et kvalitetssikringsarbeid ved Nevrokirurgisk avdeling og ved Fysioterapiavdelingen på UUS. Personverneombudet ved UUS vurderte og godkjente studien som en kvalitetsstudie. Pasientdata ble hentet fra Traumeregistret ved UUS og fra de elektroniske pasientjournalene. Vanlig prosedyre med søknad for bruk av Traumeregisteret ble fulgt. Med støtte i helsepersonelloven ble det ikke søkt om informert samtykke fra pasientene, og det var heller ikke behov for melding til Regional Etisk Komité for medisinsk forskningsetikk i Norge (14). Studien ble utført som et eksamensarbeid ved Institutionen för Hälsovetenskap, ved Luleå Tekniska Universitet, i Sverige. Det ble sendt inn søknad og gitt godkjennelse fra Etikkgruppen ved institusjonen, etter vanlig rutine på Universitetet.

Følgende anamnesticke bakgrunnsfaktorer ble registrert: alder, kjønn, tidligere hjerte/lungesykdommer, årsak til skaden, skademekanisme (stump/penetrerende), om skaden var komplett eller inkomplett, nevrologiske skadenivå, tilleggsskader (hode-, thoraks-, abdominal-, bekken/ekstremitetsskade), Injury Severity Score (ISS) og Glasgow Coma Scale (GCS).

ISS er en undersøkelse med en score som summerer pasientens skader på ulike kroppsdelar basert på et annet poengsystem, Abbreviated Injury Scale (AIS). Poengskalaen i ISS går fra 0 til 75 poeng. Null poeng er ingen skade, 75 poeng betyr alvorlige skader på flere deler av kroppen (15). GCS ble introdusert i 1974 av Teasdale og Jennett (16) og er det mest kjente og brukte måleinstrumentet for systematisk overvåking av grad av bevissthet. Pasienten gis poeng etter sin reaksjonsmåte på ulike stimuli. Man vurderer øyeåpning på en skala fra 1-4, verbal respons på en skala fra 1-5 og motor respons på en skala fra 1-6. Det samlede poengtall, 3-15 poeng, gir i de første 24 timene en indikasjon på hjerneskadens alvorlighetsgrad: 3-8 poeng alvorlig, 9-12 moderat, og 13-15 poeng, lett hjerneskade.

Om skaden var komplett eller inkomplett og nevrologisk skadenivå ble bestemt cirka 24 timer etter skaden og definert etter retningslinjer fra American Spinal Injury Association (ASIA)(17). Siden flere av pasientene ikke var undersøkt med ASIA-kriterier og/eller dette ikke var registrert i elektronisk journal, ble nevrologisk skadenivå og om skaden var komplett eller inkomplett bestemt ut ifra beskrivelse i legejournal og fysioterapijournal i henhold til ASIA-kriteriene.

Ifølge ASIA-kriterier defineres en skade som komplett hvis pasienten ikke har normal sensibilitet eller motorisk funksjon i S4-S5-segmentene. Ved en inkomplett skade har pasienten sensibilitet og/eller motorikk i dette nivået. Hvis motorikk og sensibilitet i S4-S5-segmentene ikke var beskrevet, ble pasientens motorikk og sensibilitet i underextremitetene benyttet som et kriterium. I de tilfeller hvor opplysninger om også dette manglet i journal, ble komplett/inkomplett-kriteriet fastslått ut ifra utsagn om dette i legejournal skrevet av nevrokirurg eller nevrolog. I noen tilfeller ble også senere status fra scannede epikriser fra Sunnaas Sykehus brukt som beslutningsgrunnlag for definisjon av komplett/inkomplett skade.

Når det gjelder definisjon av nevrologisk skadenivå, ble også lege- og fysioterapijournal tolket i henhold til ASIA-kriterier. Nevrologisk skadenivå ble definert ut ifra det mest kaudale nivå med normal sensorikk og motorikk på begge sider av kroppen. Nivåene ble klassifisert tredelt enten som nivå C1-C4, C5 eller C6-C8. I tilfeller hvor enten sensibilitet eller motorikk ikke var undersøkt eller dokumentert, ble nivået definert ut ifra den funksjonen som var beskrevet. I de tilfeller hvor en undersøkelse av sensibilitetsnivå eller nivå for motorikk manglet, ble utsagn fra nevrokirurg eller nevrolog i legejournalen brukt som

beslutningsgrunnlag. I de tilfeller hvor også dette manglet, ble radiologiske funn brukt i nivådiagnostikken. Hvis ikke noen av disse kriteriene var til stede, ble nivået beskrevet som ukjent.

Øvrige variabler som ble registrert var: Tidspunkt for innleggelse på Ullevål

Universitetssykehus, om pasienten var innlagt via annet sykehus (ja/nei) , operasjon (ja/nei) og operasjonstidspunkt i antall timer etter skaden, pneumoni (ja/nei) og pneumonitidspunkt i antall dager etter traumet. Om pasienten hadde pneumoni ble bestemt på bakgrunn av utsagn i legejournalen. Videre ble intubasjon (ja/nei) og intubasjonstidspunkt i antall timer etter traumet registrert. Tracheostomi (ja/nei) og tracheostomitidspunkt i antall dager etter traumet, samt fysioterapi (ja/nei) og tidspunkt for start av fysioterapi i antall dager etter traumet ble også registrert. Bruk av kontinuerlig positivt luftveistrykk (CPAP) (ja/nei) og tidspunkt for start av CPAP-behandling i antall dager etter traumet, antall liggedøgn på intensivavdelingen, på sengepost, og på sykehuset ble registrert. Hvor pasienten ble utskrevet til, mortalitet (ja/nei) og tidspunkt for død i antall dager etter skaden ble også registrert.

Avidentifiserte data ble lagt inn i en Excelfil og analysert ved hjelp av statistikkprogrammet Epi Info 2002. For å kvalitetssikre datainnhentingene ble denne kontrollert for feil av klinisk monitor på UUS før analyse. Tjue prosent av materialet ble tilfeldig valgt og kontrollert. I statistiske analyser ble det undersøkt hvilke faktorer som var assosierte med pneumoni, intubasjon og død. De tidlig intuberte pasientene (før 30 timer etter traumet) og de sent intuberte pasienter (senere enn 30 timer etter traumet) ble også sammenlignet hver for seg mot de ikke intuberte pasientene. Tidspunktet for å skille tidlig intuberte pasienter mot sent intuberte ble valgt ut ifra en tanke om at fysioterapeuten har mulighet til å påvirke lungefunksjonen og eventuelt tidspunkt for intubasjon for de sent intuberte, men ikke for de tidlig intuberte.

T-test og Mann-Whitney U-test ble brukt i analysene med kontinuerlige verdier. Chi-2 eller Fischers Exact Test ble brukt for kategoriske verdier. En p-verdi under 0,05 ble satt som grense for statistisk signifikans.

Resultat

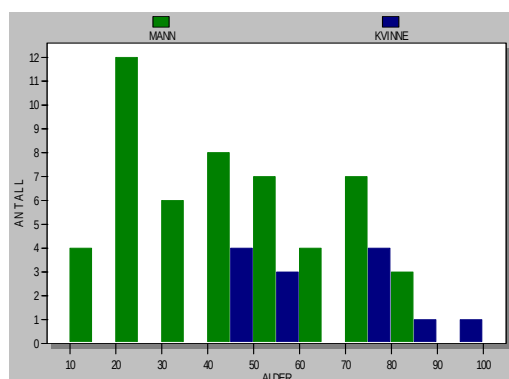
Det ble ikke funnet feil i databasen ved monitoreringen. Resultatene av undersøkelsen av anamnesticke bakgrunnsfaktorer og andre kliniske variabler for hele materialet og inndelt i

grupper, intubert og ikke-intubert pasienter, er presentert i Tabell 1. Figur 1 viser aldersfordelingen mellom menn og kvinner. For skadeårsaker henvises til Tabell II. Bare en av pasientene hadde en penetrerende nakkeskade, resten hadde stumpe skader.

Tabell I: Anamnesticke bakgrunnsfaktorer og andre kliniske variabler hos pasienter med akutt traumatisk cervical ryggmargsskade. Intuberte pasienter sammenlignet med ikke intuberte pasienter*

	Totalt antall pasienter (n=64)	Ikke intubert pasienter (n=42)	Intuberte pasienter (n=22)	P-verdi
Alder (år)	49 (SD 21)	51,1 (SD 20,0) 54,5 (37;64)	45,1 (SD 23,4) 41,5 (24;70)	0,29
Antall menn	51 (80 %)	33 (78,6 %)	18 (81,8 %)	0,52
Antall med tidligere hjerte-/lungesykdommer	29 (45 %)	19 (46,3 %)	10 (50 %)	0,397
Antall med Hjerneskade	12 (19 %)	1 (2,4 %)	11 (50,0 %)	<0,001
Antall med Abdominalskade	6 (9 %)	0 (0,0 %)	6 (27,3 %)	<0,001
Antall med Thoraksskade	14 (22 %)	3 (7,1 %)	11 (50,0 %)	<0,001
Antall med Bekken/ekstremitetsskade	8 (12 %)	1 (2,4 %)	7 (31,8 %)	0,002
Injury Severity Score (ISS)	28,5 (SD 17,6)	19,4 (SD 6,2) 17(16;18)	46,0 (SD 19,3) 38(33;66)	<0,001
Antall med komplett skade	26 (41 %)	8 (19 %)	18 (81,8 %)	<0,001
Antall med skadenivå over C5 (femte cervicalvirvel)	34 (53,1 %)	23 (56,1 %)	11 (50,0 %)	0,46
Antall med pneumoni	15 (23,4 %)	3 (7,1 %)	12 (54,5 %)	<0,001
Antall sykehusdøgn	9,4 (SD 6,2)	8,8 (SD 4,6) 8,5 (5;12)	10,5 (SD 8,4) 10 (5;13)	0,68
Antall intensivdøgn	6,9 (SD 6,6)	4,6 (SD 4,0) 3 (2;7)	11,0 (SD 8,3) 10 (7;13)	0,001
Mortalitet	11 (17%)	3 (7,1 %)	8 (36,4 %)	0,006
Glasgow Coma Scale (GCS)	13 (SD 4)	14,8 (SD 0,7) 15 (15;15)	9,6 (SD 5,4) 10,5 (3;15)	<0,001
Ankomst UUS i antall timer etter traumat	7 (SD 14)	5,1 (SD 5,7) 3 (2;6)	10 (SD 22,4) 3 (2;9)	0,6516
Antall opererte	23 (36 %)	11 (26,2 %)	12 (54,5 %)	0,02
Operasjons-tidspunkt	73 (SD 74)	44,3 (SD19,5) 47 (32;59)	99,8 (SD 95,3) 65,5 (38,5;138,5)	0,1314
Antall CPAP-behandlede pasienter	24 (37,5 %)	16 (38,1 %)	8 (36,4 %)	0,45
Tidspunkt for fysioterapiststart	1,6 (SD 1,9)	1,3 (SD 1,6) 1 (1;1)	2,4 (SD 2,5) 1 (1;3)	0,046
Antall tracheostomerte	16 (25%)	-	16 (73%)	
Tidspunkt for tracheostomi	6,8 (SD 4,6)	-	6,8 (SD 4,6)	

*Kontinuerlige data er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD), samt median og 25%- og 75%-kvartil; Kategoriske data er presentert som absolute verdier og proporsjoner. Signifikante variabler er merket med grå bakgrunn.

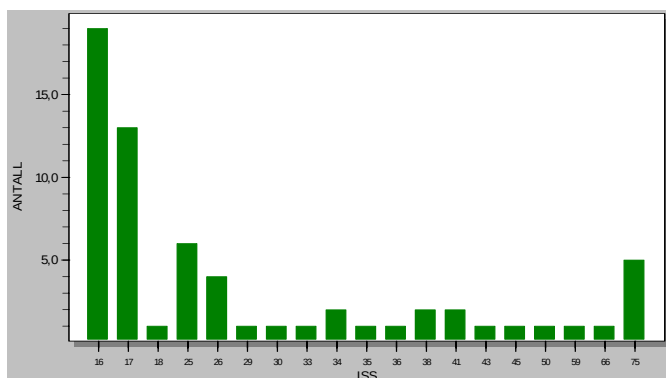


Figur 1: Aldersfordeling hos 51 menn og 13 kvinner med cervikale ryggmargsskader.

Tabell II: Skadeårsaker inndelt i grupper hos 64 pasienter med cervikale ryggmargsskader.

Skadeårsak	Antall (prosent)
Fall	28 (44%)
Trafikk	27 (42%)
Annen type skade	9 (14%)

Figur 2 viser fordelingen av ISS-skårene. Trettifem pasienter (55 %) ble fraktet direkte til UUS etter skaden. Tjuefem pasienter (39 %) kom via lokalsykehus og fire kom via legevakten. Alle elleve pasienter som døde, døde i løpet av de første ti dager etter traumat. Tjuseks pasienter (40,6 %) ble utskrevet til Sunnaas Sykehus, like mange ble utskrevet til lokalsykehus. Det var i hovedsak de ikke intuberte pasientene som ble overflyttet direkte til Sunnaas. De intuberte ble hovedsakelig utskrevet til lokalsykehus, eller døde, se Tabell III.



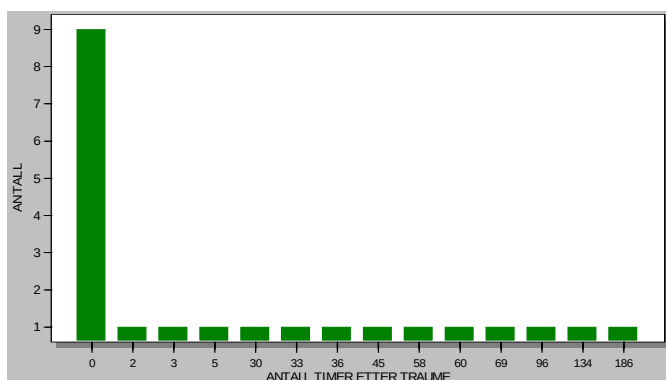
Figur 2. Fordelingen av ISS-score hos 64 pasienter med cervikale ryggmargsskader.

Tabell III: Forskjell mellom intuberte og ikke intuberte pasienter med cervical ryggmargsskade med hensyn til utskrivelse og død.

	Sunnaas Sykehus	Lokalsykehus	Mors	Hjem
Intuberte pasienter (n=22)	2	12	8	0
Ikke intuberte pasienter (n=42)	24	14	3	1
Sum antall pasienter	26	26	11	1
p-verdi	p=0,002			

1

Tjueto (34,4 %) pasienter ble intubert. Tolv av disse (45,5 %) ble intubert på skadestedet eller innen tre timer. Resten av de intuberte pasientene, det vil si 10 pasienter (54,5 %), ble intubert fra 30 til 186 timer etter traumat, se Figur 3 for fordeling av dette. Av de 22 intuberte pasientene ble 16 tracheostomerte. De øvrige seks døde.



Figur 3. Tidspunkt for intubasjon hos pasienter med cervicale ryggmargsskader.

Femten pasienter (23 %) hadde pneumoni. Følgende variabler var assosiert med pneumoni: Hjerneskade ($p=0,02$), komplett skade ($p=0,003$), thoraksskade ($p=0,01$), bekkenskade ($p=0,01$) og høy ISS ($p=0,005$). De som hadde pneumoni var også opererte ($p=0,03$) og hadde flere liggedøgn på intensivavdelingen ($p<0,001$) og på sykehuset ($p<0,001$).

Når det gjelder risikofaktorer for intubasjon henvises til Tabell I. Det var signifikant flere multitraumatiserte pasienter, flere pasienter med hjerneskade og komplett ryggmargsskade i gruppen som ble intuberte. Alder, kjønn, nevrologisk skadenivå eller tilleggssykdommer hadde ikke sammenheng med om pasienten ble intubert eller ikke. Med hensyn til sammenligning av gruppene som ble sent intubert vs. ikke-intubert og gruppene som ble tidlig intubert vs. ikke-intubert henvises det til Tabell IV og Tabell V. Bare de signifikante variablene er tatt med i Tabell IV og Tabell V.

Tabell IV: Sent intuberte pasienter sammenlignet med ikke intuberte pasienter med cervical ryggmargsskade*

	Totalt antall pasienter n=52	Ikke intuberte pasienter (n=42)	Sent intuberte pasienter (n=10)	P-verdi
Antall med abominalskade	3	0 (0,0 %)	3 (30,0 %)	0,005
Antall med thoraxskade	7	3 (7,1 %)	4 (40,0 %)	0,02
Injury Severity Score (ISS)		19,4(SD 6,2) 17 (16;18)	33,5 (SD 8,9)	<0,001
Antall med komplett skade	16	8 (19 %)	8 (80,0 %)	<0,001
Antall med pneumoni	10	3 (7,1 %)	7 (70,0 %)	<0,001
Sykehusdøgn= uUSDøgn		8,8 (SD 4,6) 8,5 (5;12)	12,4 (SD 6,7) 10,5 (10;13)	0,048
Antall intensivdøgn		4,6 (SD 4,0) 3 (2;7)	12,4 (SD 6,7) 10,5 (10;13)	<0,001
Til UUS, i antall dager etter traumet		5,1 (SD 5,7) 3 (2;6)	18,3 (SD 31,8) 8 (3;14)	0,06
Antall opererte	18	11 (26,2 %)	7 (70 %)	0,01
Antall CPAP-behandlede	24	16 (38,1 %)	8 (80 %)	0,02

*Kontinuerlige data er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD), samt median og 25%- og 75%-kvartil; Kategoriske data er presentert som absolutte verdier og proporsjoner. Signifikante variabler er merket med grå bakgrunn.

Tabell V: Tidlig intuberte pasienter sammenlignet med ikke intuberte pasienter med cervical ryggmargsskade*

	Totalt antall pasienter (n=54)	Ikke intuberte pasienter (n=42)	Tidlig intuberte pasienter (n=12)	P-verdi
Antall med hodeskade	10	1 (2,4 %)	9 (75,0 %)	<0,001
Antall med bekken-/ekstremitetsskade	6	1 (2,4 %)	5 (41,7 %)	0,001
Antall med abominalskade	3	0 (0,0 %)	3 (25,0 %)	0,008
Antall med thoraxskade	10	3 (7,1 %)	7 (58,3 %)	<0,001
Injury Severity Score (ISS)		19,4 (SD 6,2) 17 (16;18)	56,3 (SD 19,7) 62,5 (36,5;75)	<0,001
Antall med komplett skade	18	8 (19 %)	10 (83,3 %)	<0,001
Antall med pneumoni	8	3 (7,1 %)	5 (41,7 %)	0,009
Mortalitet	9	3 (7,1 %)	6 (50 %)	0,002
Glasgow Coma Scale (GCS)		14,8 (SD 0,7) 15 (15;15)	5,5 (SD 3,7) 3,5 (3;7,5)	<0,001

*Kontinuerlige data er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD), samt median og 25%- og 75%-kvartil; Kategoriske data er presentert som absolutte verdier og proporsjoner. Signifikante variabler er merket med grå bakgrunn.

Faktorer av betydning for død i løpet av de første 30 dager var hjerneskade ($p=0,003$), lav GCS ($p<0,001$), thoraksskade ($p=0,01$), høy ISS ($p<0,001$), nevrologisk skadenivå over C5 ($p=0,04$) og komplett skade ($p=0,03$). Det var også færre antall sykehusdøgn på de døde ($p=0,03$) og ingen av de som døde som hadde blitt operert i nakken ($p=0,04$). Høy alder hadde bare nesten signifikant sammenheng med død (p -verdi: 0,07). Det samme gjaldt abdominalske (p=0,06) og tidligere hjerte-/lungesykdommer ($p=0,05$).

Diskusjon og konklusjon

Åtti prosent av pasientene med akutt cervikal ryggmargsskade var menn. Den gjennomsnittlige alderen var 49 år. Når det gjelder alder, andelen kvinner og menn, skadeårsaker og nivåfordeling så er vårt materiale veldig likt med Claxton et al (12) og Como et al (18). Det som skiller vårt materiale er at det i vårt materiale er et større antall multitraumatiserte pasienter. Claxton et al (12) har litt annen fordeling mellom komplette og inkomplette skader med litt større antall komplette skader (54 prosent mot 40,6 prosent). Como et al (18) har lik fordeling på dette som oss. Det er vanskeligere å sammenligne med Velmahos (19) siden han ikke beskriver tall for hele gruppen, men bare som delt opp i intuberte og ikke intuberte. Fall og trafikkulykker var hovedårsak til skadene. Disse resultatene er lik resultatene til Claxton et al (12).

Det var 34,4 prosent intuberte pasienter i denne studien. Velmahos (19) hadde 74 prosent intuberte pasienter i sin studie. Den største delen av pasientene til Velmahos ble intubert før det var gått en time etter traumet. Grunnen til dette ser ikke ut til å være at pasientene til Velmahos var mer alvorlig skadet enn våre pasienter, siden våre intuberte pasienter hadde en høyere gjennomsnittlig ISS-score enn pasientene i studien til Velmahos, henholdsvis 46 poeng og 30 poeng. Vi hadde også en noe større andel pasienter med hjerneskade enn Velmahos i den intuberte gruppen, 50 prosent mot 44 prosent. Dette skulle tyde på at det kan være forskjeller i rutiner når det gjelder intubasjonsindikasjon i Norge og Los Angeles, at man i Los Angeles kanskje har lavere terskel for å intubere ute i feltet.

Liggetiden er mye kortere på UUS enn hos Claxton et al (12) (mean 9,4 på UUS og 46,2 døgn for Claxton et al). Årsaken til dette er nok at UUS bare tar seg av den akutte fasen. Pasientene blir sendt videre til Sunnaas Sykehus for rehabilitering eller til lokalsykehus i påvente av at Sunnaas Sykehus får plass eller i påvente av at pasientene blir avvent fra respirator.

Hovedparten av pasientene som må overflyttes lokalsykehus er de intuberte pasientene. Tjuefire (57,1 %) av de ikke-intuberte pasientene ble overflyttet direkte til Sunnaas Sykehus, 14 (33,3 %) ble overflyttet til lokalsykehus. Motsvarende tall for de intuberte pasientene var to (9,1 %) og 12 (54,5 %).

Ifølge ”Utvikling av Rehabiliteringstjenestene i Helse Øst – URT” (5), en rapport angående ryggmargsskader, bør pasienter med ryggmargsskader i en optimal behandlingsskjede bli behandlet på UUS frem til de er klare til å overflyttes rehabilitering på Sunnaas Sykehus. Rapporten oppgir at cirka 70 % av alle pasienter med ryggmargsskader overføres direkte til Sunnaas Sykehus for videre rehabilitering. Vår studie viser at 41% av pasientene med cervical ryggmargsskadene overflyttes til Sunnaas Sykehus. Siden mange av pasientene blir oversendt til lokalsykehus før de skal videre til Sunnaas Sykehus, vil en del av tallmaterialet i denne studien se annerledes ut enn om pasientene hadde hatt lenger liggetid på UUS.

Det som resultatene sier angående pneumoni er at tilleggssykdommer og alder ikke har sammenheng med pneumoni. Dette er faktorer som vi vanligvis assosierer med risiko for å pådra seg lungekomplikasjoner. Resultatene bør nok tolkes med noe forsiktighet siden pneumoni ikke var nøyte diagnostisert i denne studien og siden det var et lite antall pasienter med i studien. Forekomst av hjerneskade var assosiert med pneumoni, men ikke GCS. Dette var antagelig pga ga av at de med veldig lav GCS, det vil si tegn på alvorlig hjerneskade, døde før de rakk å få pneumoni. De med lettere hodeskader som overlevde var antagelig de pasientene som var utsatt for pneumoni. Det er viktig å være klar over at pneumoni både kan være en årsak til intubasjon og et resultat av intubasjon. Intubasjon har vist seg å øke risken for pneumoni ved thoraksskader (20).

Andre lungekomplikasjoner utover pneumoni var dessverre ikke mulig å registrere i denne studien. Tidligere har Claxton et al (12) vist at mye sekret og atelektaser har betydning for intubasjon. Velmahos et al (19) og Claxton et al (12) viste også i multippel regresjonsanalyse at høy ISS, det vil si store skader på flere steder av kroppen, komplett lesjon, samt pneumoni var assosiert med intubasjon. Velmahos et al (19) viste i tillegg at nevrologisk skadenivå også har betydning, ved at høyere nivå er assosiert med intubasjon. I en univariat analyse fant Claxton et al (12) at nevrologisk skadenivå var signifikant assosiert med intubasjon, men variabelen var bare marginalt signifikant i en multippel regresjonsanalyse. Han mente intuitivt at skadenivå må ha betydning for intubasjon og trodde årsaken kunne være en Type II

statistisk feil på grunn av et lite materiale. Samtidig er det jo også en mulighet for at skadenivået har mindre betydning enn man har trodd. I vår studie ble det ikke gjort multipl regressjonsanalyse da faktorene var assosiert med hverandre og bare ville ha slått ut hverandre i en slik analyse.

Man skulle tro at hvis skadenivået er over C3, så er det naturlig at pasienten trenger intubasjon, siden diafragma er helt slått ut. Claxton et al (12) hadde et større antall pasienter med cervical ryggmargsskade som eneste skade. Det samme gjelder Velmahos et al (19), som hadde lavere ISS-score i sitt materiale. I denne studien var det et større antall multitraumatiserte pasienter. Det er mulig at de andre skadene spiller større rolle i vårt materiale enn nivået. En annen forklaring er også at de fleste av pasientene med alvorlig skade (komplett) på dette nivået antagelig dør på skadestedet. De få som blir intubert og overlever er vel for få til å slå ut i en statistisk beregning. Derfor slår ikke nivået ut som noen avgjørende faktor tross at man skulle tro det pga at diafragmainnnerveringen er så spesifikk. I tillegg er det antagelig upresis nivådiagnostisering, spesielt hos de inkomplette skadene i vårt materiale. Dette pga at nevrologisk skadenivå sjelden var angitt i nøye i journalen etter ASIA-kriterier og at dette derfor måtte tolkes ut ifra en undersøkelse som var upresis.

Velmahos et al (19) konkluderte i sin studie med at pasienter med cervical ryggmargsskade over C5-nivå og/eller med komplett skade vil trenge intubasjon og respiratorbehandling uansett hvordan det kliniske bildet ser ut initialt. Dette gjøres på bakgrunn av at 95% av de komplette skadene over C5-nivå ble intubert i deres materiale. Logikken her er at det vil bli behov for intubasjon uansett hvordan det kliniske bildet ser ut initialt. Man kan kritisere det å gjøre en retrospektiv studie for å se på sammenhenger og ut av dette konkludere med at slik bør det være. Å trekke slike beslutninger kan stå i veien for alternative behandlingsformer. Alternative behandlingsformer blir ikke diskutert i studiene til Claxton, Velmahos eller Como (12;18;19). Det finnes studier som viser at denne pasientgruppen kan håndteres med noninvasiv respiratorbehandling (NIPPV = noninvasive positive pressure ventilation) og intensiv fysioterapi for å unngå intubasjon/tracheostomi og for å redusere antall liggedøgn på intensivavdeling (11;21). I det siste har vi på noen pasienter brukt noninvasiv ventilasjon i form av Bilevel Positive Airway pressure (BiPAP) for å gi respirasjonsstøtte. Amerikanerne har anbefalt bruk av mekanisk insufflator-exufflator, en hostemaskin (10). Vi har også i den senere tid på noen pasienter brukt insufflator-exufflator for å evakuere sekret og for å åpne opp atelektaser. Intermittent Positive Pressure Breathing (IPPB), er en annen

behandlingsmetode som har vist å ha en umiddelbar effekt på lungevolumet, men ikke varig effekt (22). Flere av disse metodene anbefales i retningslinjer for behandling av denne pasientgruppen (9;23;23). Så vidt vi vet, finnes det ikke studier som sammenligner de forskjellige metodene og som kunne gitt oss en pekepinn om hvilke metoder vi bør velge og hvilke apparater vi bør ha i vår maskinpark. De forskjellige tiltakene blir bare nevnt i retningslinjene som metoder som anbefales brukt.

Hvilke konklusjoner kan vi trekke av denne studien med tanke på risikofaktorer for gruppen av selvpustende pasienter til å bli intubert? I denne studien hadde ikke alderen eller tidligere diagnoser av betydning for lungefunksjon noe å si for om pasienten ble intubert eller ikke, verken for sen eller tidlig intubasjon. ISS-score viste seg å være signifikant høyere hos de intuberte pasientene. Denne scoren er ikke noe vi opererer med i den kliniske hverdagen. Den vil derfor ikke kunne brukes for å forutsi hvem som har økt risiko for intubering. Derimot vil en abdominalskade eller thoraksskade kunne fortelle oss at det er økt risiko for intubasjon hvis vi skal stole på resultatene av denne undersøkelsen. Det vil også være av betydning at vi undersøker om skaden er komplett eller ikke etter ASIA-standard, siden dette også har vist seg å ha betydning for intubasjon. Når man ser på hvilke av pasientene med komplette skader som ble intubert så var det de med alvorlig skade i flere kroppsdeler (høy ISS) som hadde størst risiko for intubasjon.

Tre av pasientene med pneumoni i den sent intuberte gruppen fikk pneumoni før intubasjon, dvs man kan tenke seg at pneumonien kan ha vært en årsaksfaktor til intubasjonen. Hos de fire øvrige ble pneumonien diagnostisert etter intubasjon, og man kan hos disse anta at årsakssammenhengen går andre veien, dvs at intubasjonen forårsaker pneumonien. Reines (20) viste at Forsert vitalkapasitet (FVC), oksygentensjon i blodet (PaO₂) og høy alder er risikofaktorer for lungekomplikasjoner for pasienter med akutt ryggmargsskade. Hostekraft eller forsert vitalkapasitet (FVC) klarte vi ikke å fange opp i denne studie, siden studien var retrospektiv og disse faktorene ikke var registrert. Atelektaser og sekretmengde er heller ikke registrert. Dette er faktorer vi intuitivt tror kan ha betydning for intubasjon. Claxton (12) har vist at store mengder sekret i luftveiene den første uken etter skade var en selvstendig risikofaktor for intubasjon. Han viste også at store atelektaser var knyttet til intubasjon. Han trakk konklusjonen at tiltak rettet mot prevensjon og behandling for å motvirke sekretretensjon kan redusere behovet for intubasjon.

Hvorfor ble pasienter med bekken/ekstremitetsskadene intubert i vårt materiale? Når vi så nærmere på dette, oppdaget vi at seks av åtte av pasientene med bekken/ekstremitetsskader også hadde hodeskade, og den syvende hadde thoraksskade. Her kan man tenke seg at hjerneskaden hadde mer å si for intubasjonen enn bekken/ekstremitetsskaden.

Hvis vi sammenligner gruppen tidlig intuberte pasienter med de ikke intuberte pasientene, var det flere pasienter med hjerneskade og bekken/ekstremitetsskade i gruppen ”tidlig intuberte” og flere i denne gruppen døde. De tidlig intuberte pasientene ble operert senere enn de ikke intuberte pasientene og de fikk også fysioterapi noe senere i forløpet enn de ikke intuberte pasientene. Det samme gjaldt ikke for gruppen tidlig intuberte pasienter.

Ved sammenligning av de sent intuberte pasientene med de ikke intuberte pasientene ble de sent intuberte pasientene innlagt på UUS noe senere enn de ikke intuberte. De hadde flere nakkeoperasjoner, og en større andel fikk CPAP-behandling. De hadde flere liggedøgn på intensivavdelingen også flere liggedøgn på sykehuset. Det samme gjaldt ikke for gruppen tidlig intuberte pasientene.

Mortaliteten i vår studie var noe lavere (17 %) enn mortaliteten i studien til Claxton et al (21%). Våre mortalitetstall inkluderte de første 30 dager mens tallene til Claxton et al (12) inkluderte de første 3 måneder. Faktorer av betydning for død var i vår studie i likhet med Claxton et al (12) hjerneskade og lav GCS, samt høyt nevrologisk skadenivå. I tillegg var høy ISS, thoraksskade og komplett skade i vår studie assosiert med død. I studien til Claxton et al var ikke thoraksskade, eller komplett skade assosiert med død. Claxton et al hadde ikke registrert ISS i sin studie. Høy alder, tidligere hjertesykdom men ikke lungesykdom, hadde sammenheng med død i studien til Claxton et al (12). I vår studie hadde høy alder og tidligere hjerte-/lungesykdommer nesten signifikant sammenheng med død.

Det er en del begrensninger ved denne studie. For det første så er det et lite materiale med bare 64 pasienter. Ved analyse av subgruppene ble gruppene små. Det gir risiko for Type-II feil i analysene. Siden dette er en retrospektiv studie, oppdaget vi også at en del informasjon som vi hadde ønsket å registrere, ikke var registrert i journalen, eller var mangelfullt registrert i journalen. På grunn av dette er det en del variabler som kunne ha hatt betydning for intubasjon som ikke er med i studien, som for eksempel hostekraft eller forsert vitalkapasitet, tidligere røykevaner, overvekt eller dårlig almenntilstand, store atelektaser eller mye sekret.

Det er også en del variabler som kunne vært mer presist definert, for eksempel pneumoni, nivå og komplett/inkomplett.

Siden denne studien har vist at variabelen komplett/inkomplett skade har betydning for intubasjon, vil det være av betydning at fysioterapeutene på Nevrokirurgisk avdeling lærer seg ASIA-undersøkelsen for å fastsette om pasienten har en komplett eller inkomplett lesjon. Det vil også være til nytte for videre forskning at dette blir gjort mer systematisk enn det er gjort hittil. Hvis det både er leger og fysioterapeuter som kan denne undersøkelsen, er det større sjanse for at vi skal få gjort undersøkelsen på alle pasienter med ryggmargsskader. Det er også viktig at vi har god kompetanse på å vurdere pustemønster for å se om pasienten har intercostalmuskellammelse eller sideforskjell i pustemønsteret. I tillegg vurdering av hostekraft siden dette har betydning for sekretevakuerer. Liebermann anbefaler CT-thorax eller MR for å undersøke om det er oppstått atelektaser (9). Han mener vanlig røntgen thorax i liggende stilling er lite følsomt for å oppdage atelektaser. På vår avdeling bruker fysioterapeutene røntgenbilder men kompletterer med auskultasjon for å vurdere om det foreligger atelektaser. Vi har vurdert auskultasjon som en meget verdifull informasjonskilde for å oppdage atelektaser og for å avgjøre hvilken side det er viktigst å behandle der og da i den kliniske hverdagen. Vi kan allerede nå konstatere at vi også bør starte med målinger av forsert residualkapasitet (FVC) siden Reines (20) har vist at denne variabelen, sammen med partialtrykket av O₂ i blodet og alder, har betydning for lungekomplikasjoner hos gruppen ryggmargsskader.

God kommunikasjon mellom legen, fysioterapeuten og sykepleieren er viktig ved beslutninger om pasienten skal intuberes eller ikke. Denne studien har vist at det er multitraumatiserte pasienter som har størst risiko for å bli intubert. Hvis det i tillegg tilkommer lungekomplikasjoner som atelektaser og sekret, må vi ha effektive metoder for å åpne opp atelektaser og evakuere sekret. Men hvis vi ikke får det til, er det ikke noen grunn til å vente for lenge med intubering. Velmahos et al (19) beskriver komplikasjoner ved sen intubering og anbefaler at man gjør dette tidligere på pasienter med høye komplette skader. Vår erfaring er at noen pasienter blir intubert nesten uansett hva man setter i gang med av behandlingstiltak. Det kan være veldig slitsomt for pasienten med lungefysioterapi. I tillegg er det heller ikke en fornuftig bruk av begrensede fysioterapiressurser, hvis man etter intubering av en pasient kan få til en mer effektiv behandling på kortere tid, og som også blir mer skånsom for pasienten.

Dette er en retrospektiv studie som, takket være tilgangen til Traumeregisteret og elektroniske journaler, har latt seg gjennomføre, men som viste seg å ha betydelige svakheter med hensyn til innhenting av faktorer som er av betydning for lungekomplikasjoner. Ifølge Domholdt er en retrospektiv beskrivende studie en dokumentasjon av et fenomen gjennom en systematisk innsamling av data. En retrospektiv beskrivende studie vil kunne brukes for å evaluere dagens praksis på bakgrunn av gårsdagens praksis og man vil i tillegg kunne gjøre beslutninger i nåtid, basert på gårsdagens praksis (24). Studien er også betraktet som en kvalitetsstudie. En kvalitetsstudie er i henhold til helsepersonellovens paragraf 26, en intern kvalitetskontroll av diagnostiske og behandlingsmessige metoder og har som målsetting å forbedre behandlingen av pasientene ved sykehuset. Den innhenter ikke informasjon fra pasienten, men benytter kun det som allerede ligger i journalen. (14) Denne studien skal kunne danne bakgrunn for senere prospektive studier om emnet.

Til tross for svakhetene ved studien, har den sammen med tidligere utførte undersøkelser om risikofaktorer for pneumoni, intubasjon og død, gitt oss verdifull informasjon om det tidlige behandlingsforløpet til pasienter med cervical ryggmargsskade. Vår hensikt er i første omgang nå å gå videre med en nøyere gjennomgang av litteraturen for å se kritisk på fysioterapeutens undersøkelse av pasientgruppen og på fysioterapitiltak rettet mot lungefunksjon hos pasienter med cervical ryggmargsskade. Vi vil så se nøyere på de tiltak vi i dag bruker og vurdere om det er grunn til å innføre nye type tiltak som kan komme til nytte for denne pasientgruppen på Ullevål Universitetssykehus.

Referanseliste

- (1) Nevrologi og nevrokirurgi : fra barn til voksen : undersøkelse, diagnose, behandling. Nesbru: Vett & viten; 2003.
- (2) Grundy D, Swain A. ABC of spinal cord injury. 4th ed. London: BMJ; 2002.
- (3) Frankel HL, Coll JR, Charlifue SW, Whiteneck GG, Gardner BP, Jamous MA, et al. Long-term survival in spinal cord injury: a fifty year investigation. Spinal Cord 1998 Apr;36(4):266-74.
- (4) Samsa GP, Patrick CH, Feussner JR. Long-term survival of veterans with traumatic spinal cord injury. Arch Neurol 1993 Sep;50(9):909-14.
- (5) Utvikling av rehabiliteringstjenestene i Helse Øst-URT. Rapport fra gruppe Ryggmargsskader. http://www.sunnaas.no/stream_file.asp?iEntityId=3179 2005

- (6) Hjeltnes N. Ryggmargsskader. Lærebok i Rehabilitering. Bergen: Fagbokforlaget; 2004. p. 149-67.
- (7) Hagen EM, Aarli JA, Gronning M. [Patients with traumatic spinal cord injuries at the department of neurology, Haukeland Hospital 1952-99]. Tidsskr Nor Laegeforen 2001 Nov 20;121(28):3273-5.
- (8) Liebermann Steven L, Brown Robert M. Pulmonary physiological changes following spinal cord injury. UpToDate 2006 Available from: URL: www.uptodate.com
- (9) Liebermann Steven L, Brown Robert M. Respiratory complications of spinal cord injury. UpToDate 2006 Available from: URL: www.uptodate.com
- (10) Physiotherapy for respiratory and cardiac problems : adults and paediatrics. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002.
- (11) Berney S, Stockton K, Berlowitz D, Denehy L. Can early extubation and intensive physiotherapy decrease length of stay of acute quadriplegic patients in intensive care? A retrospective case control study. Physiother Res Int 2002;7(1):14-22.
- (12) Claxton AR, Wong DT, Chung F, Fehlings MG. Predictors of hospital mortality and mechanical ventilation in patients with cervical spinal cord injury. Can J Anaesth 1998 Feb;45(2):144-9.
- (13) McMichan JC, Michel L, Westbrook PR. Pulmonary dysfunction following traumatic quadriplegia. Recognition, prevention, and treatment. JAMA 1980 Feb 8;243(6):528-31.
- (14) Forskningshåndbok : fra idé til publikasjon. Oslo: Vitenskapsrådet Ullevål universitetssykehus HF; 2003.
- (15) Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. J Trauma 1974 Mar;14(3):187-96.
- (16) Teasdale G, Jennett B. Assessment and prognosis of coma after head injury. Acta Neurochir (Wien) 1976;34(1-4):45-55.
- (17) Maynard FM, Jr., Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Jr., Donovan WH, Ducker TB, et al. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. Spinal Cord 1997 May;35(5):266-74.
- (18) Como JJ, Sutton ER, McCunn M, Dutton RP, Johnson SB, Aarabi B, et al. Characterizing the need for mechanical ventilation following cervical spinal cord injury with neurologic deficit. J Trauma 2005 Oct;59(4):912-6.
- (19) Velmahos GC, Toutouzas K, Chan L, Tillou A, Rhee P, Murray J, et al. Intubation after cervical spinal cord injury: to be done selectively or routinely? Am Surg 2003 Oct;69(10):891-4.

- (20) Reines HD, Harris RC. Pulmonary complications of acute spinal cord injuries. *Neurosurgery* 1987 Aug;21(2):193-6.
- (21) Bach JR, Hunt D, Horton JA, III. Traumatic tetraplegia: noninvasive respiratory management in the acute setting. *Am J Phys Med Rehabil* 2002 Oct;81(10):792-7.
- (22) Stiller K, Simionato R, Rice K, Hall B. The effect of intermittent positive pressure breathing on lung volumes in acute quadriplegia. *Paraplegia* 1992 Feb;30(2):121-6.
- (23) Respiratory management following spinal cord injury: A clinical practice guideline for health-care professionals. *Journal of Spinal Cord Medicine* 2005;28(3):259-93.
- (24) Domholdt E. Physical therapy research : principles and applications. Philadelphia: Saunders; 2000.