An Active Patient Monitoring System for Neurosurgical Intensive Care Units--Using Clinical Variables to Predict Cranian Computed Temography Results of Head Injury Patients

ƒ ‹ F | Œfi a ‹ ˙ ' e › ß • ┼M^D‹ª¤s›p

¥ D ˚ ƒ ¡ fl « , g ¥ ~ ‹ ¥ [@flf'—”˚·œ»†§U¤t†¸

› p ‰s¡„G„NSC¡@89¡–2213¡–E¡–038¡–001

ı ƒ ·`¡›G88 ƒ~8 ⁄ °1 ⁄ Ø 89 ƒ~7 ⁄ °31 ⁄ Ø

¥ D ø⁄┼HG.. B « (ctliu@tmc.edu.tw) ¥ x ¥ _ ´ ˙ ⁄ j ˙ ´ ˙ ,Œ T‹ ª¤s'

ƒ ŒP¥ D ø⁄┼HG¿ c ‹ ¤q B ” ⁄ ¡„B † \œ•u¥ x ¥ _ ´ ˙⁄j ˙

› pe »P⁄H›ß¡G¶ _'‹ ¡w B † fl •Œ¥ x ¥ _ ´ ˙ ⁄ j ˙ ´ ˙ ,Œ T‹ ª¤s'

⁄@¡ B ⁄ ⁄ ⁄”K›n

” ” Y † ¡ „ q , £_„.ht–‰”§..Œ¥ ¸ ‰” ¸ „…˘

ƒ ⁄˘«Æ¥[¥H ⁄s¡A¤ ^ g⁄ fl « g¥~ ´ fiv

– q ⁄1971 ƒ~¡AHounsfield ƒ b › ^Œ« ⁄ ¸@ƒ ' ‰g‹ fi v ß¯¡˚C

, m ⁄ F † ˜ ⁄ @ † ¡ „ q , £_¡.A¤–‰”¶ª˝ „' ¤ ˘ ¥ ¸ ⁄ § fl„”, q ” †n¯Ø ˚ ƒ‹

… v § † N · N „ ¥ ~ ¶ ¸ “ ” ¶“v†£Œ Ward Systems Groups ,Inc ⁄§ NeuroShell

»¡ C §¤ƒb⁄ ŒQƒ~« Æ “ ” ¡A Y † ¡ q„£´Classifier Release 2.0¡ Œ „B” “k« h ‹ †v^

… h – ‰ ” ¸ ⁄ · ´ ´ ‹ O ¶ E ´ _ Y†¡¥fl¶k„›”,†,›q Cn⁄u

¤ª¡C § ›“⁄” ª s ª G¯ª¥ ,g„ L A• V ‰“”

„ ' ƒ ” – ¡ “ p ⁄ Ù”¡A⁄ ††¡¥^¶¸fl Œ„-g” , ƒb„ wœ Y † ¡ „ q £´–.yh¸–‰

ƒ w – ˘ Y † ¡ „ q£¡´A¤–..hî–‰”L¸ · ¶ M'°“⁄”d› † “ G ‹ ¥ ¿ – ' ¸†£¥¿–p“Ł•QAƒ

«h¡ F ¤ C › ¡ˇA‹ ˘ ƒ ¤ G ¡´A† ł ¥ fl ƒ]«o¥ • ·‰T„ w œƒ†⁄⁄ ”£⁄ “… ¥ (ƒp⁄ ‰u

fi ƒ] ƒ a – ˜ ¥ ¸ … êP¡Œƒb@“”..§–•˜ ¨ † ¡ B , £ • F ' P † , £ ƒ fi ¥¢»P '†,£ƒ f

⁄ ⁄ ƒ] ‹ O § _ † , ƒ w – ˘ ¥¡„q⁄§ ´ Y...h–‰”„q ł–´¸y¡hC–‰

– ` § x ´ Z ´ Ł ⁄ H ß»Pƒfl Cƒ–ƒw] „ƒka˜·

⁄ fl f w^ƒb SY † ¡ „ q , £ ´ _ … h‰”¸^ •⁄¡G£Y † ¥~¶B ¥¡„ q , £ ´ …h¡–‰”¸

“ ´ Ł«¡Æ«Ł O § _ † , ƒ w – ˘Y†¡^q,fl´«..d” ,

– ‰ ” ¸ † ƒ † § « ˘[¡“ ß ƒ ¤

ƒ] ƒ „ § › „ ` , §¥¡A¤Œ» V“”Abstract

‰ m ⁄ @ ^fl«„”g, ¡A¥ H fl f ⁄ H “ ”{§A¯ …˘ The first clinical CT scanner was

¤ „ w · œ Y † ¡ „ q , £_¡..hC–‰”¸»”fl f †g installed by Godfrey Hounsfield in 1971.

⁄ H “ ” ` { § ¯ ¡..˜G¥]§§Q Bƒ~˜ ¡ B ' g« Since then cranial computed tomography is

…˘¡ B ƒ ł] ƒ ‹Y¡ fB ¸ ±¡ fB¡^ ¸ †ł B v the most important tool for diagnosis of head

' I § ±t¡†vB ß ⁄ „ ¥œ¡˘] †'ß ⁄ “‹”A¥H traumas. However the argument of

¤ › ¯ … ˘ ¤ “ ¥ § Y ¤ …⁄ performing cranial CT scans for head injury

⁄ ˘ † ¥ ¿ – ` ⁄ §ß›B ‹.˜G¥§¡¶..Bs‹ §_ƒa patients is controversial. Thus the more

H ¤ ¥¶¡¸fB`» P ¤ ¶¸¡]´fi”¡ B …⁄ QB reliable predictions of the results of cranial

¶ ^¤¡ B ¤ ¥Ł Ç^„ q , £ ´ _ … h – ‰ ” † “ G ⁄ $ ¡B‹ ¸£ CT in head injury patients could be helpful

– ` » PS¡A† § – ` “ ” † “ G ⁄ $ ¡B‹ ¸£ for clinicians to decide to perform emergency

˘ ` ' ¡S Ø ˘ ` ”¥Xƒ » j ” ‰⁄¡A˜¥Xƒ cranial CT scans.

w , £ ‰ ⁄W¥X§ƒ w , £ ‰⁄¡U¥X ƒ ¥X¡fB We developed a neural network model

, £ « ˙ ¥ƒ B¡^ ⁄ ‰ ¡ B , £ • F ' P †,£ƒ fi†¥¢ to predict cranial computed tomography

» P ' † £ƒ¡Œi†¥¢ results in head injury patients using clinical

§ › ƒ‹ ¶150 ¤ ·¿ƒ] Y †¥~¶¸ Y variables. There were 150 patients with head

† ¡ „ q , £_:..hy–‰‹Ù ” fl¤¡A¤ ⁄ 100 ¤ injury admitted to a regional trauma center

§@‹ V ‰⁄¡§A§0 ¤ §@‹ ¯ ^ ⁄ §¸¡C' ƒ† and enrolled in the study.

Clinical variables (Age, Sex, Glasgow coma scale, Systolic blood pressure,

Diastolic blood pressure, Heart rate, Respiration rate, pupil response, cause of injury) and CT characteristics (Brain swelling, Skull fracture, Type of hematoma, midline shift, obliteration of ambient cistern or basal cistern) were recorded. 100 cases were used to train the neural network model. 50 cases were used to test the accuracy, sensitivity, and specificity of the model.

The performance of the model to differentiate normal from abnormal (for example, minimal SAH) cranial CT is not as good as expected, but for the predicts of those cranial CT with IICP (midline shift, obliteration of basal cistern or ambient cistern) are very well.

Keywords Brain injury, Artificial Neural Network, Computed tomography

Q ¥ H fl f – w ⁄8 `¡{ $A ¯ „ w.˘· œ „ q £ ´ _ ... h ‰ ” ˆ ¸ ¡ C f ‹ O f ‡ 51 ƒ W fl £ w ' g « .. ˘ ¸ ‹ d ⁄ j † ” G ⁄ ¥ i f C ' °

' 12 ⁄ ¡ A ¤ ⁄ ƒ ‡ 31% ⁄ S „ q , £ ´ ... h ¸ ‹ ‰ ” ¸ ⁄ £ ¥ ⁄ ¡ ‘ C , ‹ ª s ” ” ‡ ‰ ‹ ¤ S f ‡ ¥ ƒ ` { S ¯ ... ˘ ¡ A ⁄ £ ” ‹ O ‡ ¿ W ' ¸ ƒ ¥ ¡ A ¥ ¥ ¥ H ' ‰ T „ w œ fl f – w ⁄ S „ q , £ ´ ... h ¡ C ‰ ” ¸ † ” G

150 ¤ fl f ¤ • ⁄ ¥ H H ⁄ S ⁄ £ ¡ ¡ A N 100 ¤ ⁄ ‹ ‰ m ¡ † A 50 ¤ ⁄ ‹ · œ , † ¡ C S ƒ ¤ 100 ¤ ⁄ S ‰ m « Æ ¡ ¥ H 50 ¤ · œ , † ” ” fl f ⁄ H ¤ · ¸ œ , ^ fl « , ‰ ƒ „ q ¸ „ , £ ´ _ ... h ‰ ” ¯ ¸ • ¥ ” ' G ⁄ S ¡] Sensitivity ¡ ¡ ¥ £ l $ S ' ¡] Specificity ¡ ⁄ ¸ ROC curve ¡ C

Gutman MB ¥ ⁄ H f b 1992 ƒ ~ ” ” ⁄ @ ¶ ‹ ª ¤ s ⁄ ¡ A « ¥ X · X ¶ ƒ æ H » ⁄ ‡ ¥ ” ¶ ¸ ' ° ˘ ⁄ ” ƒ , ~ ” ” ƒ M £] ¡ ¥ ¤ ⁄ ¥ ¸ A ƒ ~ ˜ ¡ B ' g « ... ˘ ¡ B ⁄ £ ¥ j ¡ A ⁄ ¸ ¥ ¶ ¸ ¤ ‹ O ¶ ^ ¤ ¡ C , ‹ ª s ⁄ ¡ A ƒ ~ ¶ W „ ¥ ¡ ¥ • † g « .. ˘ ƒ b 13 ⁄ ¤ 15 ⁄ ” ” ¶ ^ ¤ fl £ w ¡ A ƒ ‡ 29% ” ” † v o ¥ ” » ⁄ ‡ ¥ ” ˘ ⁄ ” ƒ , ~ ¡ C

Reinus WR ¥ ⁄ H f b 1993 ƒ ~ ” ” ⁄ @ ¶ ‹ ª ¤ s ¡ A w „ ⁄ @ › ⁄ @ fl ‡ – ¶ ¸ ⁄ ⁄ ¡ A 373 ¤ ¥ ¡ ¥ ~ ¶ ¸ fl £ w ” ” ‹ ª s ¡ A « ¥ X fl ⁄ g ˙ ¸ ‹ d ‡ S – ' ¡ B ⁄ ‹ r ¡ B ¥ ¢ – fl f ¥ v » ¥ ‰ ‡ ¡ fl ⁄ g ˙ » ^ ” ¡ A ‡ o ¥ ¶ ƒ] fl ' M ⁄ £ ¥ ¿ ¯ „ Y ‡ q ¡ , £ _ ¯ ... h ‹ ^ ¡ H ‡ o ¥ › ¶ ¥ S @ « ¶ E ´ _ ¤ ¡ A „ ⁄ £ ¥ ⁄ – ⁄ S Y ‡ ¡ „ q , £ ´ ... h f ‡ 90 ¸ 1% ” ” Sensitivity ⁄ ¸ 98.1% ” ” Negative predictive value ¡ C

Reinus W.R ¥ ⁄ H f b 1994 ƒ ~ ” ” ‹ ª s ¯ ª ¥ ¡ A « ¶ E « ˙ ” ” ´ f i v ¥ ¥ H « • • ' ° ‰ T ” ” „ w œ fl f ⁄ H – ¤ ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h ” ” ‰ ”] G ¡ ƒ A] ‹ ª s – N ¥ ¡ „ q , £ ´ _ ... h ‰ ” ¸ k ” G ° † S – ' ¡ B ” C ' ° † S – » P ¥ ¿ ' ¡ ¡ C

1993 ƒ ~ Erickson KK „ 1074 ƒ ¥ ¡ ¥ ~ ¶ ¸ fl £ w ” ” ƒ • „ ' ° ‹ ª s « ¥ X ¡ A S ‰ ‡ ¡ fl ⁄ g ˙ » ^ ” ¡ B L ⁄ ˘ ‡] Unresponsiveness ¡ ⁄ ¸ ” ƒ £ ¡ A ‹ ⁄ £ ¥ ¿ ¯ „ Y ‡ q ¡ , £ ´ ... h ” ” ‰ ” T ¸ ƒ M I ƒ] ⁄ l ¡ C

Hung C C ⁄ ¸ Chiu W T ¥ ⁄ H f b 1996 ƒ ~ ⁄ @ ¶ ª ¤ s ⁄ « ¥ X ¡ A f b ⁄ @ fl ° ¥ ¡ X ¥ œ ⁄ ⁄ o † { ˘ ' ⁄ ' f S Ø » P • Ñ ‡ ¥ ¢ † o ¤ ¶ ƒ] fl ¡ A » P „ q £ ´ _ ... h ⁄ W ¥ ‡ » (⁄ Ñ ‡ M ¶ £ ƒ ª ‹ ^ ¡ C ¤ ⁄ ⁄ S @ ” „ » ⁄ Ñ ‡ M ¶ ¡] SSIH — Surgically significant intracranial hematoma ¡ ^ ” ” ' w q « ¡ G ˘ ” ƒ ¶ ¡ A ¤ ª S , ~ ¶ fi ˜ ‡ ¡ m ass fl £ w ¡ A ƒ ‡ 25% ” ” † v ƒ b ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h – ‰ ” effect ¡ ^ ⁄ ¸ £ ‡ ¡ £ › ¢ ƒ ƒ M ⁄ ¸ fl f ⁄ H ¥ ” ' R ¡ A ƒ] ƒ „ ⁄ W ƒ » ⁄ Ñ ‡ M ” ˘ £ ” ƒ ¶ ¡ C Y L ⁄ W z ¤ › ƒ M I ƒ ¡ A « d h fl £ w ¥ u f ‡ ⁄ » « d ⁄ ⁄ S @ ” ” † v ¡ A f b ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h ⁄ – ‰ W ¥ ‡ » (⁄ ‡ N † M S Ø ¡ B f ‡ ¥ ¢ – † ¶ H » P ˘ ” ¥ ¥ X ƒ ‡ ª ‹ ^ ¡ A £ ” ” ˘ ” ƒ ¶ ¡ C

Mendelow AD ¥ ⁄ H f b 1983 ƒ ~ ” ” ⁄ @ ¶ ‹ ª s « ¥ X ¡ A ˘ ' X ¥ œ ƒ ‡ ' S Ø ¸ • N ^ » ” ” fl £ w ¡ A f ‡ 25% ” ” † v ƒ b ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h – ‰ ” effect ¡ ^ ⁄ ¸ £ ‡ ¡ £ › ¢ ƒ ƒ M ⁄ ¸ fl f ⁄ H ¥ ” ' R ¡ A ƒ] ƒ „ ⁄ W ƒ » ⁄ Ñ ‡ M ” ˘ £ ” ƒ ¶ ¡ C

Rivard F ƒ b 1987 ƒ ~ w „ 98 ƒ W ¥ ¡ ¥ ¶ ¸ ¤ £ ” ” ‹ ª s ¯ ¥ ¡ A ' g « .. ˘ ⁄ þ ' ¸ ¥ ' 12 ⁄ ¡ A ƒ ‡ • N ^ » ⁄ ¿ ¥ ‡ S ‰ ‡ ¡ ⁄ S fl ⁄ g ˙ † S – ' » P ⁄ £ ¥ ⁄ – ⁄ S ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h ¡ A ƒ ª ‡ ¸ ª

Gutman MB ¥ ⁄ H f b 1992 ƒ ~ ” ” ⁄ @ ¶ ‹ ª ¤ s ⁄ ¡ A « ¥ X · X ¶ ƒ æ H » ⁄ ‡ ¥ ” ¶ ¸ ' ° ˘ ⁄ ” ƒ , ~ ” ” ƒ M £] ¡ ¥ ¤ ⁄ ¥ ¸ A ƒ ~ ˜ ¡ B ' g « ... ˘ ¡ B ⁄ £ ¥ j ¡ A ⁄ ¸ ¥ ¶ ¸ ¤ ‹ O ¶ ^ ¤ ¡ C , ‹ ª s ⁄ ¡ A ƒ ~ ¶ W „ ¥ ¡ ¥ • † g « .. ˘ ƒ b 13 ⁄ ¤ 15 ⁄ ” ” ¶ ^ ¤ fl £ w ¡ A ƒ ‡ 29% ” ” † v o ¥ ” » ⁄ ‡ ¥ ” ˘ ⁄ ” ƒ , ~ ¡ C

Reinus WR ¥ ⁄ H f b 1993 ƒ ~ ” ” ⁄ @ ¶ ‹ ª ¤ s ¡ A w „ ⁄ @ › ⁄ @ fl ‡ – ¶ ¸ ⁄ ⁄ ¡ A 373 ¤ ¥ ¡ ¥ ~ ¶ ¸ fl £ w ” ” ‹ ª s ¡ A « ¥ X fl ⁄ g ˙ ¸ ‹ d ‡ S – ' ¡ B ⁄ ‹ r ¡ B ¥ ¢ – fl f ¥ v » ¥ ‰ ‡ ¡ fl ⁄ g ˙ » ^ ” ¡ A ‡ o ¥ ¶ ƒ] fl ' M ⁄ £ ¥ ¿ ¯ „ Y ‡ q ¡ , £ _ ¯ ... h ‹ ^ ¡ H ‡ o ¥ › ¶ ¥ S @ « ¶ E ´ _ ¤ ¡ A „ ⁄ £ ¥ ⁄ – ⁄ S Y ‡ ¡ „ q , £ ´ ... h f ‡ 90 ¸ 1% ” ” Sensitivity ⁄ ¸ 98.1% ” ” Negative predictive value ¡ C

1993 ƒ ~ Erickson KK „ 1074 ƒ ¥ ¡ ¥ ~ ¶ ¸ fl £ w ” ” ƒ • „ ' ° ‹ ª s « ¥ X ¡ A S ‰ ‡ ¡ fl ⁄ g ˙ » ^ ” ¡ B L ⁄ ˘ ‡] Unresponsiveness ¡ ⁄ ¸ ” ƒ £ ¡ A ‹ ⁄ £ ¥ ¿ ¯ „ Y ‡ q ¡ , £ ´ ... h ” ” ‰ ” T ¸ ƒ M I ƒ] ⁄ l ¡ C

Reinus W.R ¥ ⁄ H f b 1994 ƒ ~ ” ” ‹ ª s ¯ ª ¥ ¡ A « ¶ E « ˙ ” ” ´ f i v ¥ ¥ H « • • ' ° ‰ T ” ” „ w œ fl f ⁄ H – ¤ ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h ” ” ‰ ”] G ¡ ƒ A] ‹ ª s – N ¥ ¡ „ q , £ ´ _ ... h ‰ ” ¸ k ” G ° † S – ' ¡ B ” C ' ° † S – » P ¥ ¿ ' ¡ ¡ C

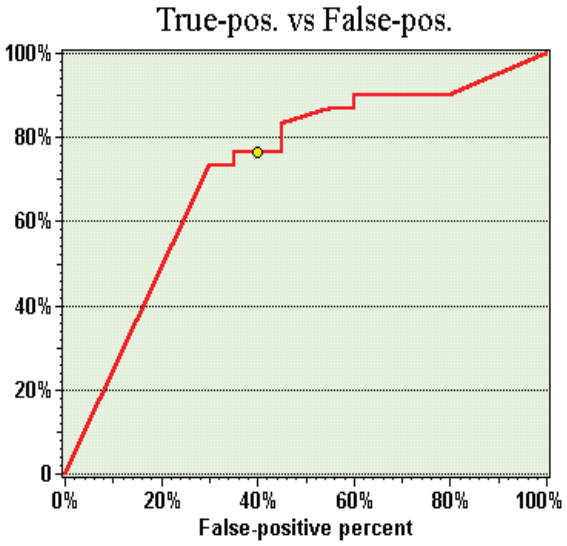
Hung C C ⁄ ¸ Chiu W T ¥ ⁄ H f b 1996 ƒ ~ ⁄ @ ¶ ª ¤ s ⁄ « ¥ X ¡ A f b ⁄ @ fl ° ¥ ¡ X ¥ œ ⁄ ⁄ o † { ˘ ' ⁄ ' f S Ø » P • Ñ ‡ ¥ ¢ † o ¤ ¶ ƒ] fl ¡ A » P „ q £ ´ _ ... h ⁄ W ¥ ‡ » (⁄ Ñ ‡ M ¶ £ ƒ ª ‹ ^ ¡ C ¤ ⁄ ⁄ S @ ” „ » ⁄ Ñ ‡ M ¶ ¡] SSIH — Surgically significant intracranial hematoma ¡ ^ ” ” ' w q « ¡ G ˘ ” ƒ ¶ ¡ A ¤ ª S , ~ ¶ fi ˜ ‡ ¡ m ass fl £ w ¡ A ƒ ‡ 25% ” ” † v ƒ b ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h ⁄ – ‰ W ¥ ‡ » (⁄ ‡ N † M S Ø ¡ B f ‡ ¥ ¢ – † ¶ H » P ˘ ” ¥ ¥ X ƒ ‡ ª ‹ ^ ¡ A £ ” ” ˘ ” ƒ ¶ ¡ C

Rivard F ƒ b 1987 ƒ ~ w „ 98 ƒ W ¥ ¡ ¥ ¶ ¸ ¤ £ ” ” ‹ ª s ¯ ¥ ¡ A ' g « .. ˘ ⁄ þ ' ¸ ¥ ' 12 ⁄ ¡ A ƒ ‡ • N ^ » ⁄ ¿ ¥ ‡ S ‰ ‡ ¡ ⁄ S fl ⁄ g ˙ † S – ' » P ⁄ £ ¥ ⁄ – ⁄ S ¥ ¡ „ q , £ ´ ... h ¡ A ƒ ª ‡ ¸ ª

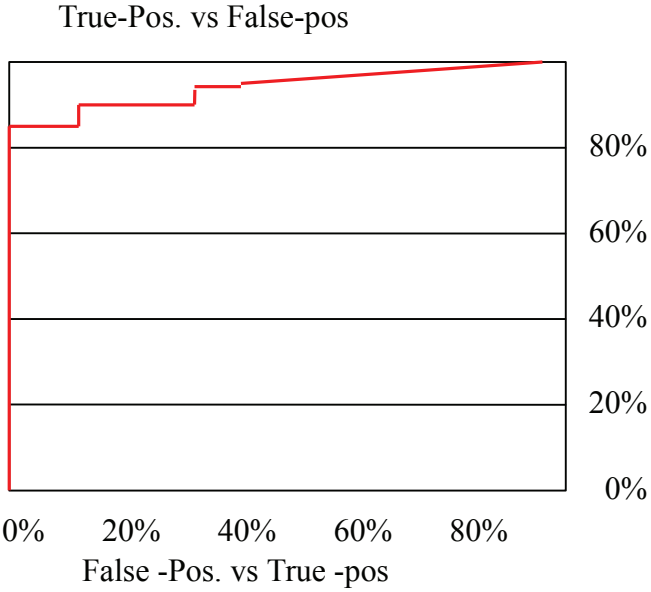
[illegible] HCP [illegible] contingency table

[illegible]	32	0	32
[illegible]	6	12	18
Total	38	12	50
True-pos ratio	0.8421	1	
False-pos ratio	0	0.1579	
True-neg ratio	1	0.8421	
False-neg ratio	0.159	0	
Sensitivity	84.21%	100.00%	
Specificity	100.00%	84.21%	

[illegible] Area=0.7217



[illegible] Area=0.7217



[1] [illegible] Medical Informatics Symposium in Taiwan(Oct 2000), 5-9.

[2] Baxt, William G. Application of artificial neural networks to clinical medicine. Lancet 1995. 346(8983):1135-1138.

[3] Goldman L, el at. A computer protocol to predict myocardial infarction in emergency department patients with chest pain. N Engl J Med 1988; 318: 797-803.

[4] Dybowski R, et al.Prediction of outcome in critically ill patients using artificial neural network synthesised by genetic algorithm. Lancet. 1996 Apr 27;347(9009):1146-50.

[5] Hung CC, Chiu WT, Lee LS, Lin LS, Shih CJ.Risk factors predicting surgically significant intracranial hematomas in patients with head injuries. J Formos Med Assoc. 1996 Apr;95(4):294-7.

[illegible] contingency table

	CT [illegible]	CT [illegible]	Total
[illegible]	23	8	31
[illegible]	7	12	19
Total	30	20	50
True-pos ratio	0.7667	0.6	
False-pos ratio	0.4	0.2333	
True-neg ratio	0.6	0.7667	
False-neg ratio	0.2333	0.4	
Sensitivity	76.67%	60.00%	