

●原 著●

胸部外傷患者における咳嗽能力の特徴

尾山陽平¹⁾・小野寺智亮¹⁾・坂野由衣¹⁾・菅野佑介¹⁾・土田芳彦²⁾

キーワード：胸部外傷，咳の最大流量（CPF），肺活量，血胸

要 旨

本研究の目的は胸部外傷患者の咳の最大流量（CPF）の特徴について調査することである。対象は当該施設の外傷センターに搬送された胸部外傷患者とし、初期評価時の CPF と肺活量（VC）、肋骨骨折、血胸の合併、AIS などをカルテより後ろ向きに調査した。1 週間以内に理学療法を開始した症例を選抜した結果、22 例（男 21 / 女 1）がエントリーし、平均年齢は 56±18 歳、CPF は 190±96L/min（160L/min 未満は 11 例）、VC は 1,563±963mL であった。肋骨骨折は平均 3.1 本であった。血胸は 12 名に認め、胸部 AIS は 2 が 2 名、3 と 4 が各 10 名であった。CPF は血胸合併例で低く（150±63.4 vs 225.8±105.1、 $p<0.05$ ）、VC に相関した（ $R=0.69$ 、 $p<0.05$ ）。胸部外傷患者の約半数で CPF は 160L/min を下回り、VC がこれに影響することが示唆された。また血胸はより CPF を低下させることが示された。結論として、胸部外傷患者では CPF および VC は著しく低下し、血胸の合併によりそれらは増強された。

緒 言

胸部外傷は穿通性外傷と鈍的外傷に分けられる。その内訳は後者が 8～9 割を占め、flail chest を含む多発肋骨骨折、肺挫傷、血胸や気胸など、その病態は多岐にわたる。

外傷の受傷機転や死亡率は社会文化的背景の影響を受けるため、国や地域によって異なるが、Ziegler らは胸部外傷は全ての外傷の 10～15% を占めると報告し、Recep らはすべての外傷死の約 25% に及ぶと報告している^{1,2)}。2010 年のわが国における年間の外傷死亡者数は 33,175 人に及ぶ³⁾。胸部外傷による死亡は頭部外傷に次いで高く³⁾、すべての外傷死の約 12% と高頻度

である⁴⁾。その反面、胸部外傷に多く認める肋骨骨折は、致命的ではないが全骨折の約 10% を占める頻度の高い疾患でもある^{5,6)}。

弘野は胸部外傷患者の 85% は保存療法での管理が可能であるとし、特に体位変換、体位排痰、squeezing、咳嗽、huffing など一連の理学療法を組み合わせ、無気肺や肺炎の改善・予防、肺胞換気を回復させることが重要であると報告している⁷⁾。特に無気肺は胸部外傷において最も多い合併症であるといわれており⁸⁾、気道クリアランスの改善の点からも、咳嗽能力の評価は重要であると考えられる。

喀痰喀出能力の指標としては、咳の最大流量（cough peak flow：CPF）が Bach らにより紹介され⁹⁾、近年では慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease：COPD）や開腹術後患者の咳嗽能力評価にも汎用されている^{10,11)}。胸部外傷患者においても、気道分泌物の増加や、胸郭コンプライアンスの低下によって生じる呼吸仕事量の増大から気道クリアランスの低

1) 医療法人徳洲会 札幌東徳洲会病院 リハビリテーションセンター

2) 同 外傷センター

主著者（尾山）の現所属：北海道社会保険病院 リハビリテーション部

[受付日：2011 年 4 月 8 日 採択日：2012 年 3 月 22 日]

下を経験するが、咳嗽能力に関する報告は見られない。

本研究では、中等症から重症の胸部外傷患者における CPF の特徴と、これに影響を及ぼす因子について検討した。

I. 方 法

1. 対 象

対象は、2008年4月から2009年12月までの間、札幌東徳洲会病院外傷センターを受診した胸部外傷を有する患者81名のうち、受傷後1週間以内に理学療法を開始可能であった患者とした。また、頭部や四肢などの他部位に解剖学的重症度評価指標である abbreviated injury scale (AIS) 3以上の外傷を有する者、明らかな認知症を認める者、意識障害や精神疾患、認知症などにより正確な評価が困難である者は除外した。

2. 調査・測定項目

調査は診療録から後方視的に実施した。対象者の年齢、性別、理学療法初期評価時の CPF と肺活量 (vital capacity: VC)、肋骨骨折の部位と本数、気胸、血胸、胸骨骨折、肺挫傷、合併損傷、併存症の有無、搬入時の AIS を抽出した。年齢、CPF と VC は平均値と標準偏差を求めた。

CPF の測定にはアセスピークフローメーター (フィリップス・レスピロニクス社) に、一般成人用エアクッションマスクまたはシリコンマスクを接続して用いた。理学療法士がデモンストレーションを行った上で、「大きく息を吸って、大きな咳払いをしてください」と説明し、3回測定したうちの最大値を採用した。VC は簡易流量計 (Ohmeda 社) を用いて測定し、CPF と同様に理学療法士によるデモンストレーションと、「大きく息を吸って、ゆっくりとすべてはき出してください」と十分な説明を行った上で3回の測定を実施し、最大値を採用した (Fig. 1)。CPF、VC とともに測定肢位は坐位とし、坐位保持が困難な場合はギャッチアップした長坐位、または背臥位とした。

3. 検討項目

1) CPF および VC の比較について

気胸・血胸・肺挫傷・併存症・合併損傷・胸骨骨折それぞれのある群とない群で CPF と VC を比較した。同様に胸部 AIS の 2・3 群と 4 群に分けて比較した。ま



Fig. 1 Peak flow meter (left), spirometer (right)

た高齢であることは胸部外傷のアウトカムを悪化させる独立因子であることから^{12~15)}、65歳以上の群と65歳未満の群に分けて CPF および VC と AIS を比較した。加えてすべての対象者の CPF と VC の関係をみた。

4. 統計処理

気胸・血胸・肺挫傷・併存症・合併損傷のある群とない群、AIS 2・3 群と 4 群、および 65 歳以上群と 65 歳未満群における CPF と VC の統計処理には、t 検定を用いた。

胸骨骨折の有無による CPF の比較、および 65 歳以上群と 65 歳未満群における AIS の比較には Mann-Whitney の検定を用いた。また CPF と VC の関係については、Pearson の積率相関係数を求め、いずれの指標においても有意水準は危険率 5% 未満とした。

統計処理については、SPSS 10.0J for Windows を用いた。

5. 倫理的配慮

本研究は院内における倫理委員会の承認を受けて実施されており、対象者の個人情報についてはすべて暗号化され、特定ができないように配慮した。

II. 結 果

1. 患者属性

本研究の対象者は 22 名 (男性 21 名、女性 1 名)、年齢は 55.9 ± 17.7 歳で、65 歳以上の高齢者を 9 名含んでいた。肋骨骨折は平均 3.1 (0~7) 本で、そのうち 2.8 (0~7) 本が連続して発生していた。気胸を発症した患者が 15 例、血胸を発症した患者が 12 例おり、そのうち

Table 1 Patient characteristics

sex	male 21	female 1
age	56 ± 18	
CPF, L/min	190.1 ± 95.5	
	(CPF < 160 = 11 patients)	
VC, mL	1,562.7 ± 962.6	
rib fr.	3.1 ± 2.0	
(successive ribs)	(2.8 ± 1.9)	
AIS	1	0
	2	2
	3	10
	4	10
	5	0

Abbreviations : CPF, cough peak flow ; VC, vital capacity ; rib fr., rib fractures ; AIS, abbreviated injury scale

Table 2 Complication

neurological disease	5
cerebral vascular disease	4
cardiovascular disease	4
metabolic disease	4
pulmonary disease	2
digestive organ disease	2
urologic disease	2
orthopedic disease	1
others	1

Table 3 Comparison of cough peak flow and vital capacity

	n	CPF			VC		
		yes	no	ρ	yes	no	ρ
pneumothorax	(15 vs 7)	182 ± 90	210 ± 111.3	0.524	1,531 ± 975	1,630 ± 1,007	0.829
hemothorax	(12 vs 10)	150 ± 63.4	225.8 ± 105.1	0.046	1,331 ± 792	1,840 ± 1,112	0.078
pulmonary contusion	(12 vs 10)	215 ± 113.7	161.5 ± 61	0.19	1,719 ± 1,133	1,375 ± 720	0.416
complication	(12 vs 10)	166.7 ± 77.4	220.5 ± 110.5	0.195	1,596 ± 851	1,522 ± 1,128	0.861
associated injury	(13 vs 9)	195.8 ± 97.8	184.4 ± 97.6	0.792	1,618 ± 823	1,482 ± 1,184	0.756
sternum fracture	(2 vs 20)	92.5 ± 17.7	201 ± 94.6	0.129	785 ± 233	1,640 ± 975	0.24
AIS (2 · 3 vs 4)	(12 vs 10)	189.6 ± 89.8	193 ± 106.9	0.936	1,643 ± 1,062	1,466 ± 874	0.678
older than 65 y.o.	(9 vs 13)	134.4 ± 69.4	230.4 ± 93.2	0.016	1,761 ± 1,041	1,277 ± 825	0.256

Abbreviations : CPF, cough peak flow ; VC, vital capacity ; AIS, abbreviated injury scale

10名は重複する患者だった。胸部 AIS スコア 2 が 2 名、3 と 4 が各 10 名で、AIS 1 および 5 の対象者は含まれていなかった (Table 1)。受傷機転では交通事故 14 名、転倒転落が 8 名であった。

合併損傷は四肢外傷が 8 例、頭部外傷が 3 例、腹部外傷が 1 例であった。併存症では、神経疾患が 5 例と最も多く、続いて脳血管疾患、循環器疾患、代謝疾患が各 4 例、呼吸器疾患と消化器疾患、泌尿器疾患は各 2 例、運動器疾患とその他が各 1 例あり、これらの合併症を重複して有する対象者が多かった (Table 2)。また、入院中に呼吸器合併症を発症したものはいなかった。

2. CPF および VC の比較

CPF の平均は 190.1 ± 95.5 L/min であり、日常の喀痰

喀出が困難となるとされる CPF 160 L/min 未満の対象者は半数の 11 例であった。VC の平均は、1,562.7 ± 962.6 mL であった。

CPF および VC の各因子間での比較結果は、CPF が血胸 (+) 群では 150 ± 63.4 L/min と血胸 (-) 群 225.8 ± 105.1 L/min に比べ有意に低い値を示した ($p=0.046$)。同様に、65 歳以上群が 134.4 ± 69.4 L/min であったのに対し 65 歳未満群 230.4 ± 93.2 L/min と、65 歳未満群で有意に高い値を示した ($p=0.016$)。なお、VC と各因子間、また CPF とその他気胸、肺挫傷、胸骨骨折、合併外傷、併存症の有無で有意差は認められなかった (Table 3)。

胸部 AIS における 65 歳以上群と 65 歳未満群の比較では、有意差を認めなかった。

3. CPF と VC の相関

VC と CPF との間に相関が認められた ($R=0.69$, $p=0.0004$) (Fig. 2)。

Ⅲ. 考 察

CPF は健常成人で $360\sim 960\text{L}/\text{min}$ といわれており¹⁶⁾、本研究における対象者の CPF はきわめて低い値を示した。外傷によって生じる強い疼痛と肋骨骨折は胸壁の反射的な筋収縮を惹起し、横隔膜の機能低下を来すとされている¹⁷⁾。このことから、今回 CPF が低値を示したのは、対象者の大部分に肋骨骨折が生じていたことが要因と考えた。また、後述する吸気能力の低下とも相互に影響しているものと考えた。対象者の CPF が極めて低値であったにもかかわらず、呼吸器合併症の発生を認めなかった背景には、吸引等の適切な呼吸ケアが十分に行われていたことや、理学療法の実施が合併症予防に寄与したものと考ええる。

血胸患者でより低い CPF を示したことは、胸腔内に漏出、貯留した血液が、急性期では十分排出しきれておらず、患側肺を圧排し、肺の拡張を妨げたことに起因するものと考えた。

また、血胸は肋骨骨折の本数が多くなるほど合併率が高まることが知られており、本研究においても血胸合併例で肋骨骨折の本数が多い傾向にあり、そのことが影響していると考えた^{7, 14)}。これに加えて、肋骨骨折の本数が多い患者では、そうでない患者と比べて、より強い疼痛を惹起することが予想され、CPF 低下に強く影響を与える要因であると言えた。しかし、本研究では疼痛の定量的調査を行うことが困難であり、胸部外傷において疼痛のコントロールは、最も重要な治療要素の一つであることから、今後は鎮痛薬の使用量や、VAS (visual analog scale) を用いた自覚的な疼痛の程度などを踏まえた調査が必要である。

また、本研究では 65 歳以上の対象者が 9 名 (40.9%) と多く含まれていた。65 歳以上の対象者に注目すると、65 歳未満の対象者との間で AIS には有意差を認めなかったものの、CPF は 65 歳以上の対象者で有意に低値を示した。高齢者における胸部外傷では 24% の患者で肺炎を発症し、19% で死に至ると報告されているほか、同等の AIS では 65 歳未満の対象者よりも 65 歳以上の対象者で重症化するケースが多く、かつアウトカムも不良であると報告されている^{12~15)}。本研究においても、

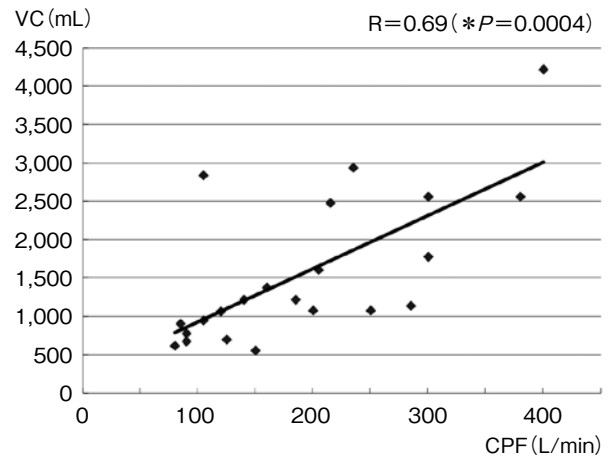


Fig. 2 Correlation of vital capacity and cough peak flow
Abbreviations CPF : cough peak flow, VC : vital capacity

65 歳以上の対象者の喀痰喀出能力が低いことから、先の報告を支持する結果と言えた。65 歳以上の対象者の半数以上は転倒によって受傷していることから、受傷前の身体機能低下が容易に予想できる。このことから、胸部外傷受傷後のデコンディショニングの進行の予防は重要な要素であると言える。高齢胸部外傷患者に対しては、酸素療法や吸入、気管吸引などの直接的な呼吸ケアのみに留まらず、早期離床は一層重要性が高いものであると考ええる。

気胸を合併した対象者において、CPF に有意な差は認めなかった。これは、気胸は胸腔ドレーンの挿入により、比較的容易に患側肺の再拡張が得られたことで、理学療法評価時にはその影響を受けなかったものと考えた。また、同様に肺挫傷合併の有無でも、CPF に有意な差は認めなかった。このことは、高齢者に比べ若年者で交通事故などの高エネルギー外傷による受傷例が多く、また、肺挫傷が高い外力によって生じることから、若年者に好発していた可能性がある。実際に本研究において 65 歳以上群は半数以上が転倒による受傷であったが、65 歳未満群では転倒による受傷は約 3 割に留まり、7 割以上が交通事故によるものであった。

呼吸器疾患の既往をもつ症例や喫煙歴のある患者では、長期的なアウトカムが悪化することが知られている¹⁸⁾。しかし、本研究では、呼吸器併存症を有する症例が少数であったことや、その他の疾患を併存症として有する症例が多く含まれており、併存症の有無による CPF への影響を明らかにすることが困難であったと

考えられた。

本研究においてCPFとVCは強い相関関係を示した。先に述べた横隔膜機能低下や疼痛が、咳嗽の第1相において十分な吸気の確保を困難とさせることから、CPFひいては喀痰喀出能力を低下させるものと考えた。三浦らは、筋ジストロフィー患者の有効な喀痰喀出には最大強制吸気量 (maximum insufflation capacity : MIC) の維持が重要であると報告し、星らは、筋萎縮性側索硬化症患者に対する吸気筋トレーニングは、咳嗽能力の維持に効果があることを報告している^{19, 20)}。本研究においても、吸気能力が咳嗽能力に深く関与している点で、同様の結果となった。

胸部外傷では重症例においても、適切な治療を行うことで、長期的に良好な肺機能を獲得することが可能とされているが^{21, 22)}、急性期において咳嗽能力の低下を認めた。さらに筆者らは、胸部外傷受傷後約1週間はCPFの低下を認め²³⁾、呼吸練習や咳嗽介助、離床を中心とした理学療法でCPFおよびVCが改善したことを報告した²⁴⁾。このことから適切な鎮痛や気管吸引などの呼吸ケアに加えて、理学療法の積極的な介入の余地が示唆された。

CPFに関しては、270L/minを下回ることによって上気道感染時などの喀痰喀出が困難となり、160L/min以下で日常の喀痰喀出が困難となることが紹介されており²⁵⁾、山川らは入院中の中高齢患者を対象に調査を実施し、CPFが自己排痰の可否を判別する水準となることを報告している²⁶⁾。このことより、胸部外傷急性期においても高度な喀痰喀出能力低下を生じると言え、喀痰喀出の可否や、合併症発生リスクの判別水準を調査することが今後重要な課題と考える。

本研究は受傷後1週間以内にCPF、VC測定を含む理学療法評価を施行可能な患者を対象としたことから、対象者の重症度がAIS 2~4であり、救命困難なAIS 6を除くと事実上の最重症例であるAIS 5に分類される症例を含んでいないことが特徴である。最重症例では人工呼吸管理を要する場合も多く、本研究で行ったような随意的に発生させたCPFを評価することは困難であることが考えられるが、Wen-Lin SuらはICUで挿管人工呼吸管理中の患者における不随意のCPFを評価し、これを抜管の指標として用いている²⁷⁾。このことから、挿管人工呼吸管理症例においてもVCやCPFを評価することは有意義であると考えられる。さらに

挿管人工呼吸管理の必要な最重症例では、より複雑な病態を呈することからも、今後はこれらを含んだ、胸部外傷患者の喀痰喀出能力に関する新たな調査が必要と考える。

結 語

AIS 2~4の胸部外傷患者の約半数でCPFは160L/minを下回り、VCがこれに影響することが示唆された。血胸の合併例ではよりCPFを低下させることが示された。

従って胸部外傷患者では、換気の増大に寄与する理学療法の積極的介入の効果が期待できるであろう。

参 考 文 献

- 1) Ziegler DW, Agarwal NN : The morbidity and mortality of rib fractures. *J Trauma*. 1994 ; 37 : 975-979.
- 2) Demirhan R, Onan B, Oz K, et al : Comprehensive analysis of 4205 patients with chest trauma : a 10-year experience. *Interact CardioVasc Thorac Surg*. 2009 ; 9 : 450-453.
- 3) 厚生労働省大臣官房統計情報部人口動態・保健統計課 : 平成22年人口動態統計(確定数)の概況、外因による死亡数、性・年齢(特定階級)・外因(死因単分)・外因の影響別. 2011.
<http://www.e-stat.go.jp/SGL/estat/List.do?lid=000001081603>
- 4) 高橋英夫 : 胸部外傷. 呼吸器ケア. 2006 ; 4 : 87-93.
- 5) 劉 和輝, 竹下秀之, 田久保興徳ほか : 血胸, 気胸, 肺挫傷を伴う肋骨骨折症例の検討. *骨折*. 2006 ; 28 : 13-15.
- 6) 山崎弘資 : 肋骨. 胸骨骨折. *臨外*. 2004 ; 59 : 160-161.
- 7) 弘野慶次郎 : 胸部外傷における呼吸不全への緊急対応マニュアル. 肺挫傷への緊急対応. *呼吸器ケア*. 2004 ; 2 : 761-766.
- 8) Shorr RM, Crittenden M, Indeck M, et al : Blunt thoracic trauma : analysis of 515 patients. *Ann Surg*. 1987 ; 206 : 200-205.
- 9) Bach JR : 神経筋疾患の評価とマネジメント (第1版). 大澤真紀子監訳. 東京, 評価と治療社, 1999, pp91-119.
- 10) 有蘭信一, 小川智也, 渡邊文子ほか : COPD患者の peak cough flow と Mechanical In-Exsufflation による検討. *日本呼吸ケア・リハ学会誌*. 2009 ; 19 : 53-57.
- 11) 増田 崇, 田平一行, 北村 亨ほか : 開腹手術前後の咳嗽時最大呼気流速の変化. *理学療法学*. 2008 ; 35 : 308-312.
- 12) Bulger E, Arneson M, Mock C, et al : Rib fractures in the elderly. *J Trauma*. 2000 ; 48 : 1040-1046.
- 13) Shorr RM, Rodriguez A, Indeck M, et al : Blunt chest trauma in the elderly. *J Trauma*. 1989 ; 29 : 234-237.
- 14) Lotfipour S, Kaku SK, Vaca FE, et al : Factors associated with complications in older adults with isolated blunt chest trauma. *West J Emerg. Med*. 2009 ; 10 : 79-84.
- 15) Kulshrestha P, Munshi I, Wait R : Profile of chest trauma in a level 1 trauma center. *J Trauma*. 2004 ; 57 : 576-581.

- 16) 三浦利彦:筋ジストロフィー. 理学療法 MOOK 4(第2版). 黒川幸雄, 宮川哲夫ほか編. 東京, 三輪書店, 2009, pp412-421.
- 17) 森川 亘:多発外傷. 理学療法 MOOK 4 (第2版). 黒川幸雄, 宮川哲夫ほか編. 東京, 三輪書店, 2009, pp360-366.
- 18) Amital A, Shitrit D, Fox BD, et al: Long-term pulmonary function after recovery from pulmonary contusion due to blunt chest trauma. IMAJ. 2009; 9: 673-676.
- 19) 三浦利彦, 石川悠加, 石川 朗ほか: Duchenne 型筋ジストロフィーにおける喀痰喀出能力: 最大呼気流速と関連因子の考察. 理学療法学. 1999; 26: 143-148.
- 20) 星 孝: 筋萎縮性側索硬化症におけるインセンティブスパイロメーターを使用した吸気筋トレーニングの有効性の検討. 理学療法学. 2008; 35: 285-291.
- 21) Livingston DH, Richardson JD: Pulmonary disability after severe blunt chest trauma. J Trauma. 1990; 30: 562-566.
- 22) Hirshberg B, Oppenheim-Eden A, Pizov R, et al: Recovery from blast lung injury: one-year follow-up. Chest. 1999; 116: 1683-1688.
- 23) 尾山陽平, 小野寺智亮, 坂野由衣ほか: 胸部外傷患者の咳嗽能力の推移. 日本呼吸ケアリハ学誌. 2010; 20 (suppl): 187.
- 24) 尾山陽平, 小野寺智亮, 坂野由衣ほか: 多発肋骨骨折を有する胸部単独外傷患者に対する理学療法の即時的効果. 第33回日本呼吸療法医学会学術総会プログラム・抄録集. 2011: 111.
- 25) Kang SW, Bach JR: Maximum insufflation capacity: vital capacity and cough flow in neuromuscular disease. Am J Phys Med Rehabil. 2000; 29: 222-227.
- 26) 山川梨絵, 横山仁志, 渡邊陽介ほか: 排痰能力を判別する cough peak flow の水準—中高齢患者における検討—. 人工呼吸. 2010; 27: 260-266.
- 27) Su WL, Chen YH, Chen CW, et al: Involuntary cough strength and extubation outcomes for patients in an ICU. Chest. 2010; 137: 777-782.

Characteristics of cough capacity in patients with blunt chest trauma

Yohei OYAMA¹⁾, Tomoaki ONODERA¹⁾, Yui SAKANO¹⁾, Yusuke SUGANO¹⁾, Yoshihiko TSUCHIDA²⁾

¹⁾ Rehabilitation Center, Sapporo Higashi Tokushukai Hospital

²⁾ Trauma Center, Sapporo Higashi Tokushukai Hospital

Corresponding author: Yohei OYAMA

Rehabilitation Center, Sapporo Higashi Tokushukai Hospital
3-1, Higashi 14 chome, Kita 33 jo, Higashi-ku, Sapporo, 065-0033, Japan

Key words: chest trauma, peak cough flow, vital capacity, hemothorax.

The purpose of this study was to investigate the characteristics of cough peak flow (CPF) in the patients with blunt chest trauma. The subjects were patients with blunt chest trauma who were transported to the trauma center at the facility. We surveyed retrospectively CPF and vital capacity (VC) at initial evaluation, rib fractures, hemothorax complications, AIS and other facts by the patients' chart. As we chose the cases which we started physiotherapy within a week, we got 22 patients (21 males and 1 female). Their average ages were 56 ± 18 . Their average CPF was 190 ± 96 L/min (11 patients' CPF was less than 160 L/min). Their average VC was $1,563 \pm 963$ mL. Their average number of rib fractures was 3.1 per capita. Twelve patients had hemothorax. Two patients scored 2, 10 patients scored 3, and another 10 patients scored 4 in chest AIS. The CPF was lower in the hemothorax group (150 ± 63.4 vs 225.8 ± 105.1 , $p < 0.05$) and correlated with VC ($R = 0.69$, $p < 0.05$). A decline in CPF was seen in about half of blunt chest trauma patients. It implied that a decrease in VC related to a decrease in CPF. It was showed that hemothorax complications caused lower CPF further. In conclusion, we found marked decline of CPF and VC in the patients with blunt chest trauma and it is emphasized by hemothorax complications.